



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Geológica, Minería, Metalúrgica y

Geográfica

Unidad de Posgrado

**“Índice de calidad ambiental de stock de carbono en
función de la diversidad arbórea en la zona alta de la
sub-cuenca del Carrizal, Ecuador”**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctora en Ciencias Ambientales

AUTOR

María Margarita DELGADO DEMERA

ASESOR

Francisco Alejandro ALCÁNTARA BOZA

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Delgado, M. (2018). *“Índice de calidad ambiental de stock de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, Ecuador”*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica / Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los diez días del mes de agosto del 2018, siendo las 11:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 461/UPG-FIGMMG/2018 del 12 de julio del 2018, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

**«ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE STOCK DE CARBONO EN FUNCIÓN DE LA DIVERSIDAD
ARBÓREA EN LA ZONA ALTA DE LA SUB-CUENCA DEL CARRIZAL, ECUADOR»**

Que, presenta la Mag. **MARÍA MARGARITA DELGADO DEMERA**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 07652-FIGMMG-2014 del 24 de octubre del 2014, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Doctorado».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole a la graduando la siguiente calificación:

May bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES** a la Mag. **MARÍA MARGARITA DELGADO DEMERA**.

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico

DR. CARLOS/FRANCISCO/CABRERA CARRANZA

Presidente

DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ

~~Secretario~~

DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO

~~Miembro~~

DR. MIGUEL ANGEL OSEJOS MERINO

Miembro

DR. FRANCISCO ALEJANDRO ALCÁNTARA BOZA

Asesor

DEDICATORIA

Al Creador que es sabiduría, por concederme tiempo, para dejar a mis hijas ejemplo de constancia y superación.

A mis grandes amores, mis princesas Andrea Stefanía y Karla Daniela, en recompensa de las horas y días restados a su atención.

A mis eternas almas compañeras mis padres Barbarita y Segundo: mis hermanos Carlos Manuel, María Hipatia, Rosario Monserrate, Barbarita Monserrate y mi pareja Juan Carlos.

A mis abuelitos: María Romelia (+) y Manuel María, fuente de inspiración y equilibrio en las horas en que cuestiono mi paso por esta vida.

Margarita Delgado

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Mayor San Marcos (UNMSM), en la representación de la Escuela de posgrado Facultad de Ingeniería Geológica, Minería Metalúrgica y Geográfica, sus autoridades, personal docente y administrativo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL) y Universidad Técnica de Manabí (UTM), representado en sus autoridades.

Al tutor de tesis PhD. Francisco Alejandro Alcántara Boza, por entregar su experiencia y conocimiento reflejado en este trabajo de investigación.

Mi gratitud y reconocimiento a la capacidad y apertura de los señores jurado expedito y jurado examinador, por su aporte en conocimientos y experiencia por conducir este trabajo dentro del campo investigativo en la búsqueda del bienestar colectivo.

A Mg. Sc. Julio Abel Loureiro Salabarría, compañero de trabajo y amigo por su aporte en conocimientos, fortaleza y entusiasmo en los momentos difíciles de la investigación.

A todas aquellas personas que de una manera u otra manera colaboraron con su apoyo en la culminación de este objetivo.

Margarita Delgado

INDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Situación problemática	13
1.2 Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas Específicos	16
1.3 Justificación teórica	17
1.4. Justificación práctica	17
1.5. Objetivos	18
1.5.1. Objetivo General	18
1.5.2. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1 Marco filosófico o epistemológico investigación	19
2.2. Antecedentes de investigación	23
2.2.1 Diversidad arbórea	23
2.2.2 Stock de carbono	28
2.3. Bases teóricas	34
2.3.1 Índice de calidad ambiental	34
2.3.2 Diversidad arbórea	38
2.3.3 Stock de carbono	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	64
3.1. Tipo y diseño de investigación	64
3.2. Unidad de análisis	65
3.3. Población de estudio	68
3.4. Tipo de diseño, selección y tamaño de muestra	69
3.5. Técnicas de recolección de datos	70
3.5.1 Identificación de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal	70
3.5.2 Estimación del stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	73

3.5.3 Determinación del índice de calidad ambiental por captura de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal 2011-2016)	75
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados	79
4.1.1 Identificación de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	79
4.1.2. Estimación del stock de carbono de las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	93
4.1.3 Relación de la diversidad arbórea y el stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del carrizal (2011-2016)	97
4.2 Discusión de Resultados	107
4.3. Prueba de hipótesis	110
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	132

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1.</i> Cuadro comparativo de la estimación del contenido de carbono en el área de la Magdalena Contreras	32
<i>Cuadro 2.</i> Carbono almacenado en biomasa aérea por especie predominante	34
<i>Cuadro 3.</i> Escala cualitativa y cuantitativa del índice de Simpson	43
<i>Cuadro 4.</i> Escala cualitativa y cuantitativa del índice de Shannon	44
<i>Cuadro 5.</i> V Escala cualitativa y cuantitativa del índice de Pielou	45
<i>Cuadro 6.</i> Metodologías para el muestreo del stock de carbono	51
<i>Cuadro 7.</i> Beneficios y limitaciones de los métodos disponibles para estimar las reservas de carbono forestal	53
<i>Cuadro 8.</i> Características del Ecosistema del mundo “Bosque tropical húmedo” (BHT)	67
<i>Cuadro 9.</i> Características del Ecosistema del Ecuador Bosque Siempreverde Estacional Pie-montano de Cordillera Costera del Pacífico	68
<i>Cuadro 10.</i> Porcentajes de cobertura y uso de la tierra en la zona alta sub-cuenca Carrizal (2010)	81
<i>Cuadro 11.</i> Inventario de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	85
<i>Cuadro 12.</i> Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).	87
<i>Cuadro 13.</i> Stock de carbono de biomasa aérea (Δ CBA) de las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca Carrizal (2011- 2016)	94
<i>Cuadro 14.</i> Índice ambiental de stock de carbono para las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca Carrizal	100
<i>Cuadro 15.</i> Estadísticos descriptivos del stock de carbono de biomasa arbórea para un individuo (Δ CBA1) de las especies arbóreas identificadas en la zona alta de la sub-cuenca Carrizal (2011-2016)	102
<i>Cuadro 16.</i> Escala de valoración (cuantitativa y cualitativa) del índice ambiental del stock de carbono para bosque tropical natural	102
<i>Cuadro 17.</i> Porcentaje de las especies arbóreas identificadas en la sub-cuenca del Carrizal, mediante la escala de valoración cuantitativa y cualitativa para un individuo (Δ CBA1).	103

Cuadro 18: Peso ecológico para las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca Carrizal (2011-2016)	105
Cuadro 19: Prueba de normalidad de datos con test de Shapiro-Wilk W. al promedio (2011-2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.	110
Cuadro 20: Prueba de hipótesis con T student al promedio (2011-2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.	111
Cuadro 21: Prueba de normalidad de datos con test de Shapiro-Wilk W. al stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuencadel Carrizal (2011-2016).	112
Cuadro 22: Prueba de hipótesis con T student al promedio (al stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).	112
<i>Cuadro 23:</i> Prueba de normalidad de datos con test de Shapiro-Wilk W. al promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal.	113
<i>Cuadro 24:</i> Correlación lineal con Pearson al promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio constituida en unidad de análisis..	66
Figura 2: Distribución de las unidades de muestreo consideraciones generales.	70
Figura 3. Mapa de cobertura y uso de la tierra de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2010).	80
Figura 4. Mapa Vegetación densa en la zona alta sub-cuenca Carrizal (2010).	82
Figura 5. Mapa de puntos de muestreo en la zona alta sub-cuenca Carrizal (2010).	83
Figura 6: Distribución porcentual de las familias de las especies arbóreas de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	86
Figura 7: Variabilidad anual de la abundancia obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	88
Figura 8: Variabilidad anual del índice de diversidad de Shannon obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Fuente.	89
Figura 9: Variabilidad anual del índice de diversidad de Simpson obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).	90
Figura 10: Variabilidad anual del índice de diversidad de Pielou obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).	91
Figura 11: Variabilidad temporal del número de individuos por especie (2011-2016).	92
Figura 12: Variabilidad temporal de los individuos de especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal por periodos de años.	93
Figura 13: Variabilidad anual del stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)	95

Figura 14: Stock de carbono por especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).	96
Figura 15: Porcentaje de stock de carbono por familias, considerando el número de individuos y de especies (2011-2016).	97
Figura 16. Relación entre stock de carbono y riqueza, diferenciación morfológica (biomasa) y abundancia. Fuente:	98
Figura 17. Diagrama de cajas y bigotes de stock de carbono de la biomasa aérea para un individuo ($\Delta CBA1$) de las especies identificadas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.	101

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo establecer el índice de calidad ambiental de stock de carbono en función de la diversidad de especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal durante los años 2011 al 2016. Para medir la diversidad arbórea se aplicaron 26 transectos de área fija y claves taxonómicas, para su evaluación se utilizaron los índices de diversidad de Shannon-Weaver, Simpson y Pielou. Para estimar el stock de carbono que almacena la biomasa aérea de las especies arbóreas se utilizó el método no destructivo mediante medidas dasométricas, con los datos obtenidos se procedió a aplicar la ecuación propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para zonas de bosques tropicales. Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para identificar la relación de la diversidad arbórea y el stock de carbono para posteriormente analizar los resultados del número efectivo de cada una de las especies y a partir de estos elaborar el índice ambiental de stock de carbono. Se identificaron 39 especies arbóreas, 35 géneros, 23 familias y 1647 individuos, las familias dominantes son la Malvaceae y Fabaceae; hubo pérdidas de individuos de las especies arbóreas en un número de 827 debido a tala. Se registró una media de 225,734 tC/ha, valor considerado alto en bosques tropicales. La especie arbórea referencial (SpRef) es *Samanea saman* posee el mayor stock de carbono y juega un rol importante en la conservación del ecosistema tropical natural con un peso ecológico de 19; a partir de ella se identificó el número de individuos que necesitan las otras especies identificadas para igualar en stock de carbono a la especie referencial, mediante el índice ambiental de stock de carbono (IASC).

PALABRAS CLAVES

Stock de carbono, índice de calidad ambiental, diversidad arbórea, biomasa aérea, número efectivo.

ABSTRACT

The objective of the research was to establish the environmental quality index of carbon stock according to the diversity of tree species in the upper zone of the sub-basin of Carrizal during the years 2011 to 2016. To measure the tree diversity, 26 transects were applied of fixed area and taxonomic keys, the Shannon-Weaver, Simpson and Pielou diversity indexes were used for their evaluation. In order to estimate the carbon stock stored by the aerial biomass of the tree species, the non-destructive method was used by means of dasometric measurements, and with the data obtained, the equation proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change for forest areas was applied. The Pearson correlation coefficient was applied to identify the relationship of tree diversity and carbon stock to later analyze the results of the effective number of each of the species and from these to elaborate the environmental carbon stock index. We identified 39 arboreal species, 35 genera, 23 families and 1647 individuals, the dominant families are Malvaceae and Fabaceae; there were losses of individuals of the tree species in a number of 827 due to felling. An average of 225,734 tC / ha was recorded, a value considered high in tropical forests. The referential arboreal species (SpRef) is *Samanea saman* possesses the largest carbon stock and plays an important role in the conservation of the natural tropical ecosystem with an ecological weight of 19; from it, the number of individuals needed by the other species identified to equal the carbon stock to the referential species was identified through the carbon stock environmental index (IASC).

KEYWORDS

Carbon stock, environmental quality index, tree diversity, aerial biomass, effective number.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

El desarrollo humano sostenible considera un modelo que contempla tres dimensiones esenciales: la social, la ambiental y la económica, cada una considerada como un pilar sobre el cual debe constituirse la vida de una comunidad, región y un país. En ese proceso de construcción y evolución que es el desarrollo, las personas en su interacción con el ambiente, intervienen y/o manipulan complejos sistemas naturales (biodiversidad, agua, aire, suelo) que resultan alterados en sus condiciones, estructura y esencia. Esta alteración provoca perturbaciones y/o transformaciones de la calidad ambiental y esta a su vez en la calidad de vida del entorno circundante (Jager y Zúñiga, 2010). La vinculación entre la noción de calidad de vida y el medio ambiente es inevitable, es decir que si el medio ambiente presenta signos de maltrato por parte del hombre invariablemente va a repercutir negativamente sobre la calidad de vida de los individuos y la sociedad. De allí se deriva el concepto de calidad de vida ambiental. “La máxima expresión de la calidad de vida es la que se da en una situación de equilibrio ecológico perfecto, tanto en lo biótico y de entorno, como en lo social, cultural y mitológico (Celemín, 2007).

La capacidad de la naturaleza de proporcionar calidad de vida y comodidad, a fin de garantizar que la vida exista para todos y con calidad (producción de oxígeno y la purificación del aire por las plantas, agua limpia y asequible, suelos

fértiles, bosques ricos en diversidad biológica, alimentos nutritivos y abundantes, estabilidad de las condiciones climáticas), para mantener la vida y sus procesos, a través de los servicios ambientales desde hace algún tiempo se ha visto alterada. El aumento de la población, el crecimiento urbano, el cambio de los usos del suelo, desarrollo de industrias cada vez mayores y la necesidad de producir en mayor cantidad han aumentado considerablemente la explotación de la naturaleza y de sus recursos. Esta explotación ha causado daños al medio ambiente que, por lo general, no consigue recuperar y recomponer sus funciones, sus nutrientes y el buen funcionamiento de sus ciclos naturales. (Antolín, 2010).

La biodiversidad desde el enfoque sistémico y funcional es indispensable para la supervivencia de la sociedad, juega un papel determinante en procesos atmosféricos y climáticos. Sin embargo, las actividades humanas han aumentado dramáticamente en su intensidad, afectando irremediablemente la diversidad biológica de algunos ecosistemas y vulnerando en muchos casos la capacidad de respuesta con resultados catastróficos.

Según el informe 2015 de la evaluación de los recursos forestales mundiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU), los recursos forestales entre 1990 a 2015 registraron una pérdida neta de 129 millones de ha de bosque. La pérdida más grande de área de bosque ocurrió en los trópicos, especialmente en América del Sur y en África, entre 2010 y 2015 los bosques naturales disminuyeron en 6,5 millones de ha netas al año. Esta reducción ha sido considerada importante por el resultado de la conversión de los bosques a otros usos y de la degradación de los mismos. La deforestación de bosque es un factor coadyuvante del cambio climático. Este trastorno contribuye a la aparición de cambios de temperatura más extremos nocivos para las plantas y animales.

Los árboles desempeñan un papel crucial en la absorción de gases de efecto

invernadero, responsables del calentamiento global. Tener menos bosques significa emitir más cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera y una mayor velocidad y gravedad del cambio climático. Durante los últimos 25 años las existencias mundiales de carbono en la biomasa forestal han disminuido en casi 11 gigas toneladas (Gt). El 22% de los bosques del mundo se ubican en América Latina y el Caribe. En los bosques de Amazonía se verificó que la absorción de CO₂, disminuyó 2000 millones de toneladas al año en la década de los años 90. Eso significa que ahora secuestra menos CO₂ de lo que Latinoamérica emite, que corresponde a 1000 millones de toneladas por año. El cambio climático impacta de manera diferenciada a las diferentes regiones del mundo, acentuándose las inequidades en salud, estado social y acceso a alimentos adecuados, servicios básicos y otros recursos. El ascenso de la temperatura del aire está ocasionando en el retiro global de los glaciares de montaña, la reducción de la cubierta de nieve, la fusión más temprana del hielo de ríos y lagos en primavera, las modificaciones en los patrones hídricos, la disminución de la biodiversidad, la alteración de ecosistemas terrestres y acuáticos, la afectación a la salud y en la tasa acelerada de aumento del nivel del mar, detectada durante el siglo XX, (Olivo y Soto, 2010).

En la provincia de Manabí de Ecuador, el proceso de ocupación poblacional, se ha concentrado alrededor de las dos cuencas más grandes e importantes de esta provincia; la cuenca Portoviejo y la cuenca Chone. En la cuenca Chone, reside alrededor del 70 % de la población de la zona norte de Manabí y es donde se encuentra la sub-cuenca Carrizal en la cual la deforestación desmedida de los años 50 al 90 del siglo pasado se debió entre otras causas a la colonización por la necesidad de expansión de la frontera agrícola, asociada con las facilidades crediticias del Banco Nacional de Fomento para la siembra de pastizales. (CPM 2005). De acuerdo con el estudio realizado por Zambrano y Zambrano (2012), sobre caracterización de los capitales disponibles de las familias productoras de la en la Sub-cuenca del Carrizal, en Manabí los principales problemas ambientales identificados y sentidos son las variaciones

climáticas, los deslaves, la deforestación, quema y cambio de uso de suelo por pastizales, (p. 43). El mencionado manejo inadecuado trae consigo la disminución de calidad ambiental de la cuenca Chone.

En la zona alta de la sub-cuenca Carrizal existen remanentes de Bosques naturales y secundarios, (Mera y Del pino 2012), cuya presencia toma relevante importancia ambiental por la captación de carbono y el valor ecológico que representa, aunque la escasez de información de las especies identificadas hace que se desconozcan su realidad y el grado de captación de CO₂ como sumideros de carbono, haciéndose necesario identificar las especies arbóreas que allí existen para establecer el stock de carbono que poseen y de esta manera resumir dicha información en un índice que permita a futuro ser criterio relevante en la toma de decisión en el manejo y conservación de estos bosques.

1.2. Formulación del problema

Por cuestiones metodológicas de delimitación y priorización de la problemática en estudio, la investigación se concentra en el siguiente.

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el índice de calidad ambiental de stock de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal?

1.2.2. Problemas Específicos.

1. ¿Cómo es la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)?

2. ¿Cuál es el valor del stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, (2011-2016)?
3. ¿Cómo se relaciona el stock de carbono y la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal?

1.3 Justificación teórica

La presente investigación contribuirá a ampliar el conocimiento sobre la diversidad de especies arbóreas que existen en los bosques tropicales, los tipos, variabilidad espacio-temporal y el stock de carbono que tiene cada una de estas especies. El análisis del número efectivo del stock de carbono de las especies permitirá conocer cuales especies arbóreas almacenan mayor cantidad de carbono e identificar el número de individuos que se necesitan para lograr un escenario ideal de conservación usando al stock de carbono como criterio de conservación en procesos de reforestación y/o forestación.

Se elaboró un algoritmo que permite seguir un procedimiento secuencial de las actividades previas, en proceso y al final del índice. La originalidad de esta investigación radica en ser el primer trabajo que analiza la diversidad de especies arbóreas y del stock de carbono en esta área de bosque natural mediante índices cuantitativos.

1.4 Justificación práctica

El propósito del índice de calidad ambiental obtenido es resumir información en un solo valor sobre la situación actual de las especies arbóreas y de su stock de carbono en bosques tropicales naturales. Esta información será útil para los decisores de políticas públicas y la población en general para emprender

programas de conservación que incluyan como criterio de conservación al stock de carbono, los resultados obtenidos resultaran de especial interés para proponer medidas para el manejo de recursos naturales y su conservación beneficiando a la sociedad, la naturaleza. Los resultados permitirán optimizar recursos que permita a través de las mejores decisiones, el manejo coordinado de los recursos naturales.

Desde la perspectiva legal esta investigación cumplirá con el artículo 86 de la Constitución Política de la República del Ecuador que declara de interés público la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y el patrimonio genético del país, la recuperación de espacios naturales degradados, el establecimiento de un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas que garanticen la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el índice de calidad ambiental de stock de carbono, en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

1.5.2. Objetivos específicos

1. Identificar la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).
2. Estimar el stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).
3. Relacionar el stock de carbono y la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación

Según Martínez (2010) los orígenes del estudio del ambiente se sitúan en los años 70, mismo que surge en el contexto de la preocupación mundial ante la sería desestabilización de los sistemas naturales, lo cual pone en evidencia la **insostenibilidad del paradigma de desarrollo industrial** o “desarrollista”, y lleva a la comunidad internacional al planteamiento de la necesidad de cambios en las ciencias, con el objetivo de darle respuesta a los crecientes y novedosos problemas que afronta la humanidad por el desequilibrio del ambiente,

Pronto las discusiones sobre el desarrollo sostenible marcan líneas de gestión para desarrollar la ruta hacia un modelo de racionalidad creciente que ponga el énfasis en la importancia de satisfacer las necesidades esenciales de los que menos tienen sin comprometer el equilibrio de los recursos. Bajo esta visión la variable económica con sus indicadores de PIB, reservas, etc., se complementa con una **variable ambiental** en la que los **indicadores se refieren al estado de los recursos** y con una variable de equidad en la que se destacan **indicadores de calidad de vida**. (Guillen, 2012).

La utilización del concepto de Calidad de Vida (CV) puede remontarse a los Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial, como una tentativa de

los investigadores de la época de conocer la percepción de las personas acerca de si tenían una buena vida o si se sentían financieramente seguras (Urzúa, 2012). Su uso extendido es a partir de los sesentas, cuando los científicos sociales inician investigaciones en CV recolectando información y datos objetivos como el estado socioeconómico, nivel educacional o tipo de vivienda, siendo muchas veces estos indicadores económicos insuficientes, (Sandoval, 2014). “La máxima expresión de la calidad de vida es la que se da en una **situación de equilibrio ecológico perfecto**, tanto en lo biótico y de entorno, como en lo social, cultural y mitológico, De allí se deriva el concepto de **calidad de vida ambiental**. “(Celemín, 2007).

Frente a esto la denominada economía verde sugiere superar el poder adquisitivo líquido como expresión de un bienestar opulento u ostentoso, abriendo así su concepción a todos aquellos **bienes no codificados que no se compran pero que también tienen un valor**: el paisaje, el sentido de pertenencia, **el aire puro**, la ausencia de ruido o contaminación en general. (Jacobs, 1991). Asimismo, para las Naciones Unidas a través del Programa de Medio Ambiente y del Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza se indica “...que el desarrollo sostenible implica mejora de la calidad de vida dentro de los límites de los ecosistemas”, (Rueda, 1996).

El creciente interés en realizar esfuerzos por diseñar **mecanismos o herramientas útiles** para evaluar la sostenibilidad del desarrollo en los países, ha derivado a consensos internacionales que han destacado la relevancia del tema. Esto quedó claramente expresado en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Naciones Unidas, 1992).” En el transcurso de los años siguientes a la Declaración de Río se reiteró la necesidad de **generar conjuntos de indicadores de monitoreo al desarrollo sostenible** en el seno de las primeras reuniones de la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS), la cual aprobó en 1995 el programa de trabajo en indicadores de desarrollo sostenible que tuvo como finalidad la generación de un listado de indicadores

de desarrollo sostenible consensuados a nivel internacional, y cuyo resultado quedó plasmado en el documento Indicadores de Desarrollo Sostenible. Marco y Metodologías (1996), que incluyó un **listado de indicadores** que fueron reevaluados posteriormente por varios países, entre ellos algunos de América Latina y el Caribe, concluyendo esa reevaluación con una segunda edición del referido documento, publicada en 2001. La revisión posterior se ha realizado en forma continua, y una tercera edición del documento se publicó en 2007. En el transcurso de esas revisiones se ha difundido ampliamente **la necesidad de generar indicadores de desarrollo sostenible a nivel nacional**. Por tal motivo la mayoría de los países de la región de América Latina y el Caribe, se han visto motivados a fomentar iniciativas que faciliten la construcción de sistemas de Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS), incluyendo esfuerzos por generar **información sobre temas ambientales para los cuales existen pocos datos**, así como a procurar estrategias de difusión que pongan a disposición de la manera más amigable y accesible posible dicha información para facilitar, tanto a los gobiernos como a los grupos de interés, la evaluación de los progresos en pro de la sostenibilidad del desarrollo , esto según Schuschny & Soto (2009).

El desarrollo de los indicadores ambientales se inicia a finales de la década de los años ochenta en Canadá y en algunos países de Europa y tuvo un mayor impulso a partir de la Cumbre de la Tierra celebrada en Estocolmo (1972), Río de Janeiro (1992) y Johannesburgo (2002), en donde se derivaron recomendaciones para la creación y **uso de los indicadores, con el propósito de medir los avances de la compatibilidad ambiental, social y económica** en los países participantes. (Rodríguez, López, & Vela, 2013).

Por otra parte, en el último tercio del siglo XX, la expresión “**calentamiento global**” usada en el ámbito científico para designar ese progresivo aumento de temperatura salta a la Sociedad a través de los medios de comunicación y se

habla de “**cambio climático**”; La creación en 1988 del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) por los países pertenecientes a la Unión Meteorológica Mundial y las Naciones Unidas expresa la preocupación generalizada ante las variaciones registradas en algunas variables climáticas. En el tercer informe (IPCC, 2001) se concluía que el clima estaba cambiando y que la mayor parte del calentamiento observado era probable que fuese causado por la emisión de gases de efecto invernadero. De hecho, se mantiene el concepto elaborado en la Cumbre de Río, según el cual “**el cambio de clima se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana, que se suma a la variabilidad natural del clima**”. El cuarto informe (IPCC, 2007) hace referencia a “cambio en el clima a lo largo del tiempo debido a variabilidad natural o resultado de la actividad humana”.

El problema se ha tomado cada vez más importante por esto muchos países han tomado conciencia del efecto que producen con sus emisiones y se han comprometido para el período 2008-2012, reducir sus emisiones, países como: la Unión Europea, como grupo, reducirá sus emisiones en 8%, con respecto a 1990; los Estados Unidos en 7%; Japón y Canadá en 6%, tomando conciencia de la magnitud de los posibles efectos que este calentamiento podría traer consigo, es muy probable que la temperatura mundial en un periodo de 100 años puede elevarse de 1,5 a 5 °C, lo cual con llevaría a desastres naturales inimaginables como la elevación de los océanos en 75 cm.

Los bosques juegan un papel importante en la **moderación del flujo neto de algunos GEI** entre la tierra y la atmósfera y actúan como depósitos de almacenamiento de carbono en la biomasa y en el suelo. (Pardo, 2010). Una serie de mecanismos conducentes a disminuir el efecto invernadero comprenden por un lado incorporar innovaciones tecnológicas a la industria y promover el uso de fuentes energéticas alternativas y por otro, aumentar los sumideros o **fuentes de stock de carbono** a través de plantaciones, manejo y conservación de bosques, (Ibárcena, 2013).

En la actualidad existe un gran interés por monitorear el ciclo del carbono en los bosques tropicales. Se busca entender el papel de estos bosques en el ciclo del carbono a nivel global y los posibles impactos causados por el cambio climático. Por otro lado, se requiere implementar sistemas de monitoreo de carbono como parte de los proyectos que buscan recibir financiamiento para aumentar el stock de carbono en el paisaje o reducir la tasa de emisiones de dióxido de carbono. Como resultado de esto, entender el diseño de los inventarios de carbono no es sólo de interés de los científicos, sino también de ONGs y gobiernos nacionales y regionales interesados en implementar proyectos de pagos por servicios ambientales basados en carbono para promover el desarrollo sostenible de los bosques. (Honorio & Baker, 2010).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Diversidad arbórea

Barahona & Tapia (2010), describen a la Cuenca del río Chone como un área de drenaje de 2267 km², que ocupa el 12% de la provincia de Manabí-Ecuador. Gran extensión de esta cuenca está destinada a uso agropecuario debido a que el suelo es apto para el desarrollo de la agricultura; lo que ha provocado una alta **deforestación** de la cuenca conservándose tan solo los bosques seco tropical y bosque muy seco tropical. En la **parte alta de la cuenca**, existen pocas áreas de bosque. Es baja la cobertura vegetal natural. En la parte media de la cuenca, predominan los pastizales, evidenciando la actividad ganadera. Hay cultivos de caña de azúcar, plátano, bambú, maíz, coco, cítricos. Las actividades agrícolas y ganaderas ocupan un lugar muy importante dentro de la economía de las poblaciones de este sector, así como también lo es la pesca artesanal de chame y camarón de río. El porcentaje de bosque natural es de aproximadamente

20%. Existe un desarrollo desordenado de la población, falta de planificación, ausencia de regulaciones de la disposición y manejo de los desechos. La cuenca del Chone tiene un área de drenaje de 1000 km². Sus principales afluentes son: río Grande, río Mosquito, río Garrapata, río San Lorenzo. El río Carrizal nace en la cota 600 m.s.n.m. en las montañas de Arroyo. Las aguas del río Carrizal son reguladas por la Presa "La Esperanza" donde existen grandes áreas destinadas a la ganadería de bovinos, y a la siembra de productos de ciclo corto.

En el área de influencia de la investigación el Centro de rehabilitación de Manabí [CRM], (2007), **realizo una evaluación ecológica rápida en la Microcuenca Carrizal donde registró 27 familias, 51 géneros y 49 especies** encontradas en este estudio que se realizaron por vía registros directos. En el 2012, Mera y Del Pino identificaron la biodiversidad arbórea y arbustiva y su valor de uso en zonas de alta vulnerabilidad física dentro de la microcuenca del río Carrizal Manabí-Ecuador encontrando **un total de 53 géneros, 62 especies, 27 familias y 2464 individuos en bosque secundario**, algunas de ellas en peligro de extinción, por tala y reemplazo por pastos y cultivos agrícolas, no existió diferencias estadísticas significativas para los índices de biodiversidad medidos como riqueza y abundancia de especies.

Zambrano & Zambrano, (2012), en su estudio disponibilidad de capitales y estrategias de vida de las familias de la microcuenca del río Carrizal con enfoque de equidad social y ambiental describen el capital natural como área donde existen áreas comunitarias de bosques, aunque no en forma mayoritaria. Se señala también que los principales problemas ambientales identificados y sentidos en las zonas de estudio son los deslaves, deforestación y la quema de pastizales, el mal uso de productos agroquímicos que contaminan las vertientes, acuíferos y cuerpos receptores. Con relación a la percepción sobre la pérdida de especies de

flora y fauna los productores coinciden en señalar que al **menos se han perdido entre 10 a 15 especies**. En cuanto a las especies vegetales son, “Moral fino, laurel, samán, moral, roble, tejón, castaño, cola de pava, tamarindo, palo santo, caucho, santa maría”

En el análisis estructural de un bosque tropical natural (Alvis, 2009) mediante la recolección de la información de campo, se utilizó un formulario específico que permitió registrar cada una de las variables obtenidas para su posterior procesamiento y análisis de la información. Se encontraron un total de 5 especies con 226 individuos lo que sugiere un bosque con tendencia a la homogeneidad por el predominio de unas pocas especies, debido principalmente a alteración antrópica por su cercanía a la ciudad de Popayán y a la presencia de especies como Roble (*Quercus humboldtii*), que se caracteriza por su desarrollo en bosques relativamente puros. Se encontraron un total de 5 familias con un total de 6 géneros. Los bosques naturales tropicales son muy heterogéneos y están conformados por una gran diversidad de especies, con diferentes edades. Del total de especies encontradas en el bosque la más abundante es *Eugenia jambos*, seguido de *Quercus humboldtii* y *Persea coerulea*, mientras que la menos abundante es el *Heliocarpus popayanensis*. La familia más dominante fue Myrtaceae, con el 35,55% **seguida de la familia Fabaceae con el 22,87%** y la familia Lauraceae con 34,22%.

La investigación se realizó por López, et al., (2017) con el objetivo de evaluar la composición y la diversidad de las especies forestales en bosques templados en la zona este del estado de Puebla (centro de México). La base de datos se obtuvo de 45 sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS), ubicados en la región forestal Centro y Pico de Orizaba pertenecientes a la Unidad de Manejo Forestal, Umafor 2105. Se registró información dasométrica de altura total (m), diámetro a la altura del pecho (cm) y cobertura de copa de ejemplares con un diámetro a la altura del

pecho mayor o igual a 7.5 cm. Para cada una de las especies se cuantificó su dominancia a través del área basal, su abundancia de acuerdo con el número de árboles y su frecuencia en las parcelas de muestreo. Se generó un valor ponderado para cada especie, denominado índice valor de importancia (IVI). La diversidad y la riqueza de especies se estimaron utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de Margalef (DMg). Los resultados mostraron 11 especies arbóreas, distribuidas en cinco géneros. La familia con mayor riqueza fue Pinácea, con seis especies; de las cuales *P. Moctezuma* fue la que presentó los valores mayores de densidad, área basal y área de copa seguida por *A. religiosa*. **Las características de las familias es un indicador adecuado de la biodiversidad**, pues son los elementos más relevantes de la estructura del ecosistema, determinando así la estructura arbórea y el estatus de un ecosistema.

En investigación realizada por procesos de cambio (ejidos versus áreas naturales protegidas en México) Duran. et al., (2001) menciona que los actores locales y sus actividades asociadas comúnmente se han considerado como una de las mayores amenazas para conservar la diversidad biológica y las coberturas de vegetación nativa, Sin embargo, los cambios en la cobertura de vegetación observados en los ejidos analizados muestran que el manejo forestal comunitario para extracción comercial de madera no siempre da como resultado una pérdida permanente de cobertura forestal nativa. donde se realiza la extracción de madera, de aquellas coberturas relacionadas con bosques de afinidad tropical (selva baja caducifolia y bosques de encino tropicales) donde la principal práctica productiva es Cambios en las coberturas de vegetación. La ganadería extensiva y la deforestación en los bosques manejados para extracción de madera presentó una tasa de cambio negativa, pero esta fue considerablemente más baja (-0.078%), en relación con la estimación conjunta de los bosques tropicales (-0.4) y menor la de las anp (-0.2%). En

contraste, la alta tasa de cambios en las selvas (-5.94%) mostró que esta vegetación presenta una considerable reducción en superficie. Esto se asocia al ritmo notable con que aumenta anualmente la superficie de pastizales (9.55%). Existe suficiente información sobre el deterioro acelerado que la cubierta forestal está experimentando en los últimos años a nivel mundial. Aunque dicha cubierta puede cambiar por causas naturales es ampliamente aceptado que actualmente la mayor parte de su degradación es causada por acciones humanas. **Las actividades antrópicas son consideradas las causas principales del aumento en los niveles de desertificación, deforestación, fragmentación del hábitat y pérdida de biodiversidad.** Esto se aplica particularmente a las regiones tropicales, donde predomina un patrón acelerado de cambio en las coberturas forestales, que va de condiciones predominantemente naturales a otras donde prevalece la influencia antrópica.

Osorio, Cervantes, Torres, Sánchez & Simba (2010), realizaron la caracterización del cultivo de Balsa (*Ochoroma pyramidale*), en la provincia de Los Ríos, Ecuador, durante el año 2008. Se determinó el establecimiento, manejo y comercialización de esta especie. Además, se establecieron costos, ingresos, rentabilidad y punto de equilibrio del cultivo mediante encuestas a productores de balsa. Los resultados demuestran que los productores utilizan la semilla nativa procedente de Ecuador. El 53.50% compran las plántulas en viveros de la localidad mientras que el 46.50% realizan su propio vivero. Cabe destacar que los productores realizan labores de establecimiento y mantenimiento a sus cultivos, no obstante, el 94.00% de ellos no reciben asistencia técnica, lo cual incide en la calidad de las plantaciones y su rendimiento. Se estableció que las superficies sembradas van desde 0.37 hasta 44.40 hectáreas; donde 34.25% pertenecen a plantaciones de un año; 32.54% son plantaciones de tres años y en menores porcentajes se encuentran cultivos de dos, cuatro y cinco años. Cuando han alcanzado una edad de tres a cuatro años, los árboles son comprados

directamente en las fincas de los productores en forma de trozas y por camionada, por empresas de la localidad como son: PLANTABAL, INMAIA y BALSAFLEX, las mismas que exportan balsa procesada a mercados de Europa, Asia y Norteamérica. **Los costos totales en cuatro años** de producción en una hectárea de balsa ascienden a 2,477.06 dólares con ingresos de 6,000.00 dólares, obteniendo un beneficio neto de 3,522.94 dólares una rentabilidad de 142.00 por ciento y el punto de equilibrio en unidades físicas 22.80 m³ de balsa y 912.10 dólares en unidades monetarias por hectárea.

2.2.2. Stock de carbono

(El Ministerio del Ambiente del Ecuador, [MAE], 2015), en su informe de estadísticas de patrimonio forestal expresa que posee un total de 1.533'168.425,46 de reserva aproximada de carbono en Ecuador y un promedio ponderado de reserva de carbono en la biomasa de los bosques de 134,92 Toneladas por hectárea, **ponderado** en las diferentes regiones y ecosistemas del Ecuador.

En Ecuador, explícitamente en Manabí existen insuficientes estudios sobre el stock de carbono en bosque primario, para poder hacer las comparaciones necesarias. Sin embargo, (Brown y Lugo, 1992) expone que, **en los trópicos, el Carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 ton C/ha** en Bosques naturales, y entre 25 y 190 ton C/ha en bosques secundarios. En bosques tropicales los sumideros de Carbono en el suelo varían entre 60 y 115 ton C/ha. En otros sistemas de uso del suelo, tales como los agrícolas o ganaderos, los sumideros de Carbono en el suelo son considerablemente pequeños.

En la investigación realizada por López, Paredes & Benites (2001),

denominada "Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente del Ecuador". Este estudio se efectuó en el área noroccidental del Ecuador que colinda al norte con Colombia. La Temperatura en el área de estudio varía de 21, 5- 25,6 °C y la precipitación de 1000 -500mm en esta zona de **bosque húmedo tropical**. Para realizar la investigación se tomó una parcela demostrativa de 1000m². Los resultados obtenidos de biomasa total aérea variaron entre de 112 t/ha a 199t/ha en áreas de precipitación de 1000 a 2500mm y de 86 t/ha a 291 t/ha de carbono en temperaturas superiores a 2500mm.

Dossantos, (2014) se propuso cuantificar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque primario y bosque secundario de la parcela "Muro Huayra" de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Iquitos-Perú. Para determinar la biomasa aérea se aplicó la metodología propuesta por Chave et al. (2005); que consiste en estimar la biomasa de manera indirecta. Los resultados muestran que la biomasa aérea es diferente en cada tipo de bosque, la biomasa aérea del bosque primario es de 215,24 t/ha y del bosque secundario 126,49 t/ha; consecuentemente, el bosque primario presentó mayor cantidad de carbono almacenado de 107,62 tC/ha y las especies con mayor almacenamiento de carbono fueron *Taralea oppositifolia* con 6,12 tC/ha, *Brosimum rubescens* con 4,56 tC/ha y *Micrandra spruceana* con 3,83 tC/ha. Mientras que en el bosque secundario el almacenamiento de carbono es de 60,63 tC/ha, y las especies con mayor almacenamiento de carbono fueron *Taralea oppositifolia* con 5,33 tC/ha, *Cecropia sciadophylla* con 4,68 tC/ha y *Guatteria hyposericea* con 2,97 tC/ha. El almacenamiento de carbono en la biomasa aérea varía según el tipo de bosque, las especies arbóreas y la densidad de las especies; por estas razones el almacenamiento de carbono del bosque secundario es solo el 58,76 % de lo existente en el bosque primario de la parcela "Muro Huayra".

Otras de las investigaciones realizadas fue la “Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador” Ayala, Villa, Mendoza y Mendoza, (2014), donde se identificó el carbono almacenado en la biomasa y necromasa, además de la influencia de biomasa existente en el carbono almacenado en el suelo mediante el uso de parcelas de 1 y 4 m². Se registraron y contabilizaron las especies de cada parcela de muestreo para especies arbustivas y herbáceas para la caracterización florística del ecosistema páramo. Los resultados permiten establecer 62 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 76 m² para el páramo arbustivo; y, 76 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 144 m² en el páramo herbáceo. Además, ocho especies son endémicas para el páramo arbustivo y 11 para el páramo herbáceo. El carbono almacenado en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es 159,05 t/C/ha; y, en el páramo herbáceo es de 116,18 t/C/ha; los contenidos de carbono fijados en el suelo a una profundidad de 0,60 m, es de 537,06 t/C/ha para el páramo herbáceo y 471,59 t/C/ha en los suelos del páramo arbustivo. Los páramos del Parque Nacional Yacuri, se encuentra almacenan gran cantidad de carbono tanto en la biomasa, necromasa y suelo, debido la diversidad florística y formas de vida de las especies.

Así mismo en Ecuador en el Parque Nacional Sangay, (Cargua, Rodríguez, Recalde & Vinueza, 2014), cuantificaron el contenido de Carbono en pino (*Pinus radiata*). Esta investigación se llevó a cabo en la comunidad de Ozogoché Bajo, que se encuentra ubicada en la zona sur occidental del parque Nacional Sangay en la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, Ecuador en una plantación de pino (*Pinus radiata*) que abarca una superficie de 100 ha; las muestras se tomaron en rangos de altitud desde los 3792 – 4096 msnm, presentan una temperatura media

de 8 °C, con rangos de (4 - 12) °C; una precipitación de 1077 con rangos de (1000 – 1200) mm. Los resultados obtenidos de carbono fijado en la plantación fueron de 0,20 MgC/ha, los valores de biomasa aérea más alta un valor de 0,32 MgC/ha.

En Honduras en la Reserva de Biosfera Río Plátano, Lazo, (2014) determinó el promedio de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea en cinco sistemas de uso del suelo: bosque primario, bosque secundario/matorral, agropecuario, sabana con árboles y bosque de pino, en su investigación. El bosque primario es el ecosistema productivo que almacena la mayor cantidad de carbono, con un promedio de 168.00 tonC/ha. El bosque secundario almacenó 29.71 tonC/ha. El bosque de pino es un importante ecosistema para almacenar carbono ya que en el estudio se cuantificó la cantidad de 43.49 tonC/ha.

Maldonado en (2012), realizó investigación que comprende el bosque de la comunidad de infierno–Perú, concesión de ecoturismo y su área de influencia a 2 km. Se realizó inventario de carbono. Las parcelas evaluadas en el inventario de carbono fueron un total de 67, de las cuales 50 fueron muestreadas en áreas de cobertura boscosa y 17 en bosque secundario. Se realizó la estimación del carbono almacenado para el reservorio aéreo. Se pudo determinar que el bosque de aguajal mixto almacena el mayor alto contenido de carbono en Tn/ha ante los demás tipos de bosque del área de estudio, con un total del 110 TC/ha.

Con el fin de conocer los resultados de los estudios relacionados con la estimación del contenido de carbono en el área de la Magdalena Contreras, Galeana, Ordóñez & Corona, (2013), realizó un cuadro comparativo, que analiza la superficie de la unidad de muestreo, la superficie total muestreada y el carbono estimado: Se registraron tres estudios en el caso de la especie *Abies religiosa*, en los que los autores indican valores que van de las 58

TC/ha; a las 207 TC/ha. Este estudio presenta resultados basados en la densidad del arbolado con valores que van de 95 TC/ha a 162 TC/ha, lo que permite apreciar diferencias significativas respecto a las sobreestimaciones y subestimaciones en los almacenes de carbono en esta cobertura vegetal, aunado a la intensidad y tipo de muestreo.

Cuadro 1. Cuadro comparativo de la estimación del contenido de carbono en el área de la Magdalena Contreras.

Cobertura vegetal	Unidad/muestreo (ha)	Superficie (ha)	Carbono (TC/ha.)	Fuente
Bosque de Abies religiosa	0,1	7,4	144,07	Corona (2001)
	0,06	11,64	207,98	Valenzuela (2001)
	0,0625	1,75	58	Nava (2006)
Densidad cerrada	0,3	6,6	162,91	Galeana, 2013
Densidad abierta	0,3	1,2	95,49	Galeana, 2013

Fuente. Datos tomados de Galeana (2013).

(López et al., 2016), realizaron una investigación en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg). El objetivo de la investigación fue determinar el carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule en edades de 5, 9, 15, 25, 32 y 51 años, mediante el uso de inventario dasométrico y ecuaciones alométricas en Tabasco, México. El carbono almacenado se determinó a través de la regresión lineal y se analizó mediante comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) con el programa Statistical Analysis System (SAS). El contenido de carbono varía en cada una de las edades; en la plantación de 51 años el carbono almacenado en el fuste fue 192.32 Mg ha⁻¹, en las ramas fue 64.75 Mg ha⁻¹ y el total aéreo del árbol fue 257.07 Mg ha⁻¹, mientras que en la plantación de 5 años los valores fueron 9.63 Mg ha⁻¹, 26.28 Mg ha⁻¹ y 35.91 Mg ha⁻¹, respectivamente. Los resultados indican que *H. brasiliensis* puede considerarse como una fuente potencial de mitigación ante el cambio climático.

En este estudio, Cuéllar, S. Daniel M. & Larrea A. (2016) evaluaron la pérdida potencial de carbono causada por la deforestación (2010-2013) ocurrida en las tierras bajas y Yungas de Bolivia. Se examinó de forma específica la magnitud y pérdida de carbono ocurrida en áreas protegidas nacionales y territorios indígenas titulados (TCO o TIOC). Se utilizó como línea de base los resultados de almacenamiento de carbono propuestos por WHRC (Woods Hole Research Center) para 2010. Se detectó la deforestación ocurrida entre 2010 y 2013 utilizando una metodología basada en el cálculo de NDFI (Normalized Difference Fraction Index, Souza *et al.* 2005) y árboles de decisión. **La pérdida potencial de carbono 2010-2013 se debió a la deforestación ocurrida en 2013.** Los resultados indican que la pérdida potencial de carbono fue de 62.0 millones de toneladas métricas de carbono (tC) para las tierras bajas y Yungas (aprox. 20.7 millones de tC/año) y entre 2.6-4.4 millones de tC para las áreas protegidas nacionales (aprox. 879 mil tC/año) y territorios indígenas titulados (aprox. 1.5 millones de tC/año), respectivamente. Se identificó tres frentes de pérdida de carbono localizados en las provincias biogeográficas Chiquitina, Chaqueña y Beniana ubicadas en la principal zona de expansión de la frontera agropecuaria del país (el departamento de Santa Cruz). Se diseñó un programa de monitoreo sobre la capacidad de almacenamiento de carbono de los diferentes tipos de bosque que existen en Bolivia. Este programa de monitoreo podría articularse al Sistema Boliviano de Certificación de Bosques e Incentivos (SBCBI), como una estrategia que ayude a disuadir la conversión del bosque y, por tanto, la pérdida de carbono.

En la investigación “Almacenamiento de carbono en especies vegetales predominantes en el área de amortiguamiento ambiental de la empresa Cilsa como medida de compensación ambiental, Puente Piedra – 2017. (Huamán, 2017), se determinó el carbono almacenado en biomasa aérea

por especies predominantes.

Cuadro 2. Carbono almacenado en biomasa aérea por especies predominantes.

Nº	ESPECIES ARBÓREAS	Nº DE INDIVIDUOS	CARBONO ALMACENADO (Tn/ha)	CARBONO ALMACENADO (Tn/ha) / Nº de individuos
1	Morus nigra (Mora)	27	4,47	0,166
2	Ficus carica (Higuera)	12	3,36	0,280
3	Inga feuillei (Pacay)	10	2,05	0,205
4	Psidium guajava (Guayabo)	7	0,27	0,039
5	Malpighia glandulosa (Ushun)	5	0,75	0,150
6	Sapindus saponaria L. (Choloque)	3	0,34	0,113
7	Schinus molle (Molle)	7	0,32	0,046
8	Olea europaea (Olivo)	6	1,35	0,225

Fuente. Datos tomados de Huamán (2017).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Índice de calidad ambiental

Se define a la calidad ambiental como “el conjunto de propiedades, elementos o **variables del medio ambiente**, que hacen que el sistema ambiental tenga mérito suficiente como para ser conservado”. la crisis ecológica en el mundo ha despertado gran preocupación por el deterioro medioambiental a escala planetaria, particularmente cuando nos enfrentamos a una disminución y/o pérdida de recursos naturales. En tal sentido, la preocupación se centra en la necesidad de definir indicadores ambientales que permitan medir los **diversos grados de calidad ambiental**. Entre estos instrumentos se encuentran los indicadores e **índices**. Si bien los indicadores han sido utilizados por organismos internacionales desde hace tiempo, en comparación con los indicadores de

desarrollo económico y social, **los indicadores ambientales** son un fenómeno relativamente nuevo”, (Zulaica, 2013).

Los indicadores ambientales nacieron como resultado de la creciente preocupación de los aspectos ambientales del desarrollo y bienestar humano. Respondiendo a la necesidad de contar con una información adecuada para la toma de decisiones de técnicos y políticos respecto a la protección y mejora del medio ambiente y para una mejor gestión y un correcto seguimiento de las medidas adoptadas en términos de un modelo de desarrollo sostenible (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente [MAPAMA], 2012).

Desde la perspectiva de (Hernández, 2009), se menciona que, si queremos que sean útiles, deberán de **tener ciertas condiciones que aseguren su utilidad**, como: ser exactos, que no den lugar a dudas, y específicos del tema a tratar; ser fácilmente comprensibles; deben ser accesibles, no tiene sentido hacer referencia a algo difícil o imposible de medir; ser sensibles a los cambios que queremos medir, y por tanto contar con datos periódicos homogéneos con la escala temporal del cambio. Son básicas tres condiciones: comunicabilidad, accesibilidad y Publicidad.

En el campo ambiental se han desarrollados indicadores para entender describir y analizar distintos fenómenos pasados, presentes y futuros del clima, pérdida de suelo, el riesgo de especies, entre muchos otros. El uso de indicadores ambientales se ha extendido y no existe una definición única del concepto y este varía de acuerdo a la institución o a quien lo valla a aplicar y los objetivos específicos que se persiguen, (Trujillo, 2015). Escobar (2006), indica que, a nivel de América Latina, resaltamos las experiencias de Chile, México y Costa Rica como procesos avanzados en la definición de sistemas de indicadores de desarrollo sostenible.

Un indicador ambiental es un parámetro o valor derivado de parámetros que

proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT [2015])). El término indicador viene a representar de manera simplificada una situación compleja, permitiendo valorar su evolución a lo largo del tiempo o su comparación entre espacios o estructuras diferentes. (Hernández, 2009).

Por otra parte, Schuschny & Soto (2009), mencionan que un **indicador compuesto** es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) con base en un modelo conceptual subyacente. Puede ser de carácter cuantitativo o cualitativo según los requerimientos del analista. En términos técnicos, un indicador se define como una función de una o más variables, que conjuntamente “miden” una característica o atributo de los individuos en estudio. Lo denominado también como indicador compuesto al que se construye como función de dos o más variables, en cuyo caso se están midiendo características multidimensionales (e. g. calidad ambiental, salud humana, etc.). La construcción de un indicador compuesto requiere de dos condiciones básicas, a saber: i) la definición clara del atributo que se desea medir y ii) la existencia de información confiable para poder realizar la medición. Estas condiciones son indispensables para poder plantearse la posibilidad de construir un indicador compuesto, la satisfacción de la primera condición dará al indicador compuesto un sustento conceptual, mientras que la segunda le otorgará validez.

Los indicadores podrán presentarse en distintas formas, según la complejidad de los parámetros analizados pueden ser Simples o Complejos. (Hernández, 2009). Son indicadores simples si solo se refieren a un aspecto sectorial de la realidad, son básicos para determinar la evolución de la

Sostenibilidad y la Calidad de Vida, pero **tan solo nos dan un aspecto parcial de ésta**. No obstante, siguen siendo utilizados a menudo para caracterizar y comprar. Los Indicadores complejos son indicadores que relacionan dimensiones distintas. No se trata de realizar indicadores que unifiquen dimensiones mediante la utilización de coeficientes, sino dotarse de indicadores multidimensionales que nos permitan avanzar en la caracterización de los espacios donde se realiza la evaluación, mediante el cruce de distintas dimensiones.

Para definir un índice hay que tomar en cuenta que algunos sistemas de indicadores ambientales no solo seleccionan una o varias variables descriptivas de un fenómeno ambiental de interés social sino que fusionan la información contenida en varias variables en una solo expresión numérica, la magnitud resultante de esta fusión se denomina **índice**, de tal manera que el índice ambiental posee las misma características que un indicador y su carácter técnica es aún más acentuada, (MAPAMA, 2012), a esto se le suma el concepto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente donde ratifica que el índice es una escala numérica empleada para comprobar variables entre sí o con alguna cifra de referencia (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2010). Para (Contreras & Hinojosa, 2004), la construcción de un índice tiene como objetivo **establecer una metodología** que permita construir índices para la evaluación de un conjunto de unidades, cuando se dispone la valoración de estas con respecto a varios criterios medidos en una escala ordinal.

Los indicadores no están diseñados para proveer un amplio panorama de aspectos ambientales, sino para ayudar a revelar tendencias y sobre fenómenos o cambios en las variables que requieren análisis y posibles acciones. Los indicadores son una herramienta para evaluación y para interpretaciones, además, necesitan ser complementados por otra información científica y cualitativa particularmente para explicar fuerzas

motrices detrás de cambios de valores de indicadores, aspecto clave para una valoración. (Polanco, 2016).

2.3.2. Diversidad arbórea.

Por otra parte, los ecosistemas constituyen sistemas naturales en los que las comunidades de seres vivos son interdependientes y evolucionan conjuntamente con las características de los biotipos (clima, relieve, topografía, litología, geomorfología, suelos y agua, (Calvo & López, 2007). Desde esta perspectiva la diversidad vegetal es toda vegetación natural correspondiente a un área o territorio, que incluye principalmente: bosques, matorrales, sabanas, vegetación de agua dulce, terrenos con escasa vegetación y áreas agropecuarias en uso. Es decir, la diversidad vegetal es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir es el resultado de la asociación espacio – temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales. (Mostacedo, y Fredericksen, 2000).

La vegetación, de acuerdo a Hernández (2001) es “La comunidad de plantas definida por su fisonomía o el aspecto que le dan las formas de vida dominantes (**árboles**, arbustos o hierbas), por su afinidad geográfica y por características indicativas como alturas, fenología, espinas, tipos de tallos, arreglos de hojas”. La vegetación conforma los hábitats para la supervivencia y mantenimiento de las diferentes especies animales, además de ser una parte estructural de los ecosistemas (Hernández *et al*, 1995).

Para Benítez *et al.*, (2004) la vegetación nativa provee de muchos servicios ambientales, como la regulación del clima, el mantenimiento de la composición atmosférica, **el secuestro de carbono** y la producción de

oxígeno. En los bosques de especies nativas existe un “equilibrio biológico” bajo condiciones naturales.

La unidad de estudio de esta investigación son los **árboles** considerados por (Hernández, 2011) como una planta de tallo leñoso con una altura mínima de 3 a 6 metros, los tallos se conocen con el nombre de troncos, los cuales no se ramifican hasta una altura considerable del suelo. Para considerarse árbol el tallo debe tener una circunferencia mínima de 30 cm. Se considera árbol cuando una planta que tiene un solo tronco o eje principal y una copa bien definida, formada por tallos secundarios o ramas.

La vegetación arbórea influye en la calidad de los ecosistemas y contribuye a los procesos de mitigación del calentamiento global y los cambios climáticos. (Santos & Valdez 2014) conceptualiza que en la vegetación “selva” se encuentra entre los ecosistemas más ricos, diversos y complejos de la tierra, todo esto ocurre en la región intertropical del planeta, acompañado de las condiciones climáticas factor influyente en el desarrollo de la vegetación arbórea.

La vegetación se desarrolla en una cuenca hidrográfica, y está definida por El CATIE (2001) como una unidad territorial que está delimitada por la influencia de un sistema de drenaje superficial, que tiene límites físicos la divisoria de las aguas, que tiene un sistema integrado por elementos **biológicos**, físicos, sociales y económicos, que se caracteriza por su dinámica, por la interacción e interrelación de sus componentes o elementos. Sánchez *et al*, (2003) mencionan que debe existir una diversidad vegetal densa para incrementar la intercepción del agua de lluvia para que pueda infiltrarse y recargar los acuíferos, los árboles con sus profundas raíces y la espesa vegetación arbustiva y herbácea, absorben el agua rápidamente y Román (2001) complementa que los árboles juegan un papel importante en los ciclos del agua, oxígeno, **carbono** y nitrógeno.

Leaño (2015) enfatiza la **importancia de los bosques** para la mitigación del cambio climático por su rol como sumideros de carbono expuesto por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, a través del Protocolo de Kioto. Cayuela L. (2006) Manifiesta que los bosques tropicales albergan el 70% de las especies de animales y plantas del mundo sin dejar de mencionar que esto varía de acuerdo a las condiciones climáticas de la región, brindando beneficios a todos los seres humanos y cumpliendo un rol importante ante las problemáticas ambientales en la actualidad. López, *et al* (2012) atribuye que los bosques tropicales y subtropicales de América del Sur despliegan una alta diversidad de especies maderables y arbóreas que son base primordial para la captación de carbono y en muchos casos proveen significantes volúmenes de madera.

Moscovich, *et al.*, (2006) menciona que los parámetros de muestra en una población de especies arbóreas se obtienen a través de la medición de un conjunto de unidades de muestreo consideradas como representativas de la población de origen. El muestreo mediante el uso de parcelas de área fija es el más utilizado en los inventarios forestales, ya que la probabilidad de selección de los árboles, está relacionada directamente al área de la parcela y a la frecuencia de los individuos que están dentro de ella, de la misma manera, Montesinos, *et al.* (2015), menciona que los cuadrantes se seleccionan de acuerdo a la homogeneidad de la vegetación y características de los bosques donde se realice la investigación.

La diversidad de los arboles considera la diversidad α que mide la diversidad puntual en una unidad de muestreo dada. Los índices de diversidad alfa, se pueden agrupar en tres categorías:

- Los índices de riqueza de especies, que miden básicamente el número de especies en una unidad muestral. Entre los índices de

riqueza se encuentran desde la simple cantidad de especies presentes en la muestra, el índice de Margalef y el de Menhinik. El de primero fluctúa entre cero y teóricamente 10. Valores excepcionalmente altos se encuentran entre 6 y 9. El segundo entre 0 y 5. Valores mayores de 3 son muy raros. No. de especies: Perifiton: 45 Bentos: 33.

- Los modelos de acumulación de especies, los cuales describen la distribución de su abundancia. Los índices de diversidad tienen en cuenta la riqueza de especies y la proporción entre las mismas. Entre los más utilizados se encuentran Brillouin y Shannon. Para el primero, valores superiores a 3 son excepcionales. Para el segundo no suelen superar 2,5.
- Los índices basados en la abundancia proporcional de las especies. Los índices basados en la abundancia proporcional de las especies toman en cuenta el valor de importancia de cada especie, e índices de heterogeneidad, aquellos que además del valor de importancia de cada especie consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad. Aristizábal, H., (2010).

Conceptos claves que se tendrá en cuenta en la investigación son: **Equidad** que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, correspondiendo a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, (Leal y Linares,). **Equitatividad** como la relación de distribución más uniforme de

las especies en una comunidad ecológica, (López De Casanave. y Marone. 1996). **Abundancia** es una relación de una determinada especie con respecto al total de las especies de la comunidad, en donde las especies más abundantes serán las especies con mayores dominancias y mayores probabilidades estadísticas de encontrarlas en un muestreo. (Díaz, Sosa y Pérez. 2012). **Abundancia relativa** es la incidencia relativa (porcentual) de cada uno de los individuos en relación a los demás. Es decir, el número de individuos de una especie con respecto a otra especie, hace que algunas sean más abundantes que otras, (Díaz, Sosa & Pérez. 2012).

La diversidad en esta investigación se evaluó con los siguientes índices:

Simpson de dominancia (1949), estima si en un área determinado hay especies muy dominantes al sumar términos al cuadrado da importancia a las especies muy abundantes y por tanto la dominancia dará una cifra alta, cercana a uno que es el valor máximo que toma el índice, si la dominancia es alta la diversidad será baja, (Zarta, *et al.* 2016). Utiliza la Ecuación:

$$C_{inv/1} \sum_{i=1}^s [n_i (n_i - 1) / N(N - 1)] \quad (1)$$

Dónde:

C_{inv}= representa el valor del índice Inverso de Simpson

n_i = número de individuos por especie

N= total de individuos identificados

S es el número de especies.

Cuadro 3. Escala cualitativa y cuantitativa del índice de Simpson

Índice de Simpson	Valor
	1 máximo dominancia
	0,9 – 0,7 dominancia alta
	0,6 – 0,4 Dominancia media
	0,3 – 0,1 dominancia baja

Fuente. Datos tomados de Zarta, *et al.* (2016)

Índice de Shannon- Wiener (H') (1949)

Para la determinación de la diversidad vegetal se emplea el Índice de Shannon; Con este método cuanto más elevado sea su valor (suele estar cerca de 5) existe gran diversidad, cuya ecuación señala:

$$H' = - \sum_{i=1}^r [p_i \ln p_i] \quad (2)$$

Dónde

H = representa el valor del índice de Shannon – Wiener

p_i = n_i/N

n_i = número de individuos por especie

N= total de individuos identificados

$\ln p_i$ = logaritmo natural.

Se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

Este índice se representa normalmente como H'' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre

1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas), (Orellana, 2009).

Cuadro 4. Escala cualitativa y cuantitativa del índice de Shannon

Índice de Shannon	Valor
	5 alto +
	4 alto
	3 medio
	2 bajo +
	1 bajo

Fuente. Datos tomados de Orellana (2009)

Índice de Pielou-J. (1969) Este mide la equitatividad o la proporción de la diversidad observada con relación al máximo de diversidad esperada, este índice varía entre 0 mínima diversidad relativa y 1 máxima diversidad relativa, cuando todas las especies son totalmente abundantes, (Orellana, 2009).

$$J' = H' / \ln(s)$$

(3)

Dónde:

H' = índice de Shannon–Wiener

S = número total de especies

Cuadro 5. Escala cualitativa y cuantitativa del índice de Pielou

Índice de Pielou	Valor
	1 máximo diversidad relativa
	0,5 medio diversidad relativa
	0 mínimo diversidad relativa

Fuente. Datos tomados de Orellana (2009)

Índice de importancia familiar, (Finol, 1971). Donde se establecen los porcentajes de las familias más abundantes a partir del número de especies divididas para el número total de especies en las diferentes familias por cien, dividido para el número total de especies, que permitió establecer los porcentajes de las familias más abundantes a partir del número de especies divididas para el número total de especies en las diferentes familias por cien. La identificación de las familias es considerada como elemento relevante para evaluar el estatus de un ecosistema, (López, et al., 2017).

$$IIF = \frac{N^{\circ}EsF * 100}{N^{\circ}TEs} \quad (4)$$

Dónde:

N°EsF = Número de especies por familias

N°TEs = número total de especies.

Toledo (2005) describe que la conservación debe ser una política de desarrollo para poder ser mantenidas por encima de los intereses de las poblaciones locales que aporten a la sostenibilidad y equilibrio del ambiente, mencionando que puede ser conocido también la denomina conservación biológica o ciencia de la conservación. Desde la concepción de Galindo, (2000), La conservación de la diversidad biológica implica el mantenimiento de procesos ecológicos a diversas escalas donde se puede mencionar la conservación de reserva y conservación de paisajes manejados.

Vargas (2011). Describe a los estados de conservación parten del manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica, mencionando que ya no basta conservar y proteger áreas representativas, sino que se debe aprender a restaurar paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones de plantas y animales, para garantizar sustentabilidad de sistemas naturales, recalando que la conservación de ecosistemas y restauración de la biodiversidad van de la mano. La conservación biológica se instaló en el discurso político internacional a partir de la Cumbre Mundial del Medio Ambiente en Río de Janeiro, durante 1992, la cual comprometía a países, entre a impulsar la conservación y uso sustentable de sus recursos biológicos en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, (Jaramillo, *et al.* 2012).

Peso ecológico. El peso ecológico de las especies arbóreas se lo realizó utilizando el índice de valor de importancia (IVI) de Cottam & Curtis (1956). que se le aplica a la vegetación natural **con el propósito** de contribuir a la conservación de las características del bosque natural.

El índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas se deriva de la presencia u ocurrencia de las especies en la mayoría de las muestras (frecuencia). Este parámetro está condicionado por el número y tamaño de los individuos dentro del transecto (dominancia) y el tercer condicionante contribuye a reconocer el grado de uniformidad en la distribución de los individuos de cada especie (densidad), es decir, aquellas especies arbóreas que presentan un valor mayor son aquellos que poseen un patrón regular mientras aquellas con valor bajo son características de un patrón agregado, irregular y disperso. La dominancia relativa tiene como base el conocimiento de la cobertura, es decir, la proporción de terreno ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada (Matteucci y Colma, 2002). El índice de valor de importancia (IVI) define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y

estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa.

2.3.3. Stock de carbono

El IPCC (2001), define al **Cambio climático** como la importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático CMCC, en su Artículo 2, define ‘cambio climático’ como: ‘un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempos comparables’. La CMCC distingue entre ‘cambio climático’ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y ‘variabilidad climática’ atribuida a causas naturales.

Las actividades humanas contribuyen al cambio climático provocando cambios en la atmósfera terrestre en cuanto a las cantidades de gases de efecto invernadero. La mayor contribución conocida proviene de la combustión de combustibles fósiles, que libera el gas de dióxido de carbono a la atmósfera. La variación de la abundancia de la atmósfera o las propiedades de estos gases y partículas, puede conducir a un calentamiento o enfriamiento del sistema climático. Las actividades humanas traen como consecuencia la emisión de cuatro gases de efecto invernadero principales: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y los halocarbonos. Estos gases se acumulan en la atmósfera, provocando un incremento de sus concentraciones con el paso

del tiempo. **El dióxido de carbono** ha aumentado debido al uso de combustibles en el transporte, los sistemas de calefacción y aire acondicionado de edificaciones, la producción de cemento y otros bienes. Con la **deforestación se libera CO₂** y se reduce la absorción de CO₂ de las plantas.

El dióxido de carbono se libera también en procesos naturales como la descomposición de la materia vegetal.

La deforestación según Salgado (2014), es la destrucción a gran escala de los bosques por la acción humana. Millones de hectáreas se degradan o destruyen anualmente, aproximadamente el equivalente a la superficie de un campo de fútbol cada dos segundos. La deforestación avanza a un ritmo de 17 millones de hectáreas al año. Sus causas principales están relacionadas con la necesidad de los comuneros de mantener a sus familias. Un inductor subyacente de la deforestación es la agricultura, los agricultores talan los bosques con el fin de obtener más espacio para sus cultivos o para el pastoreo de ganado. Las operaciones madereras comerciales, que proporcionan productos de pulpa de papel y madera al mercado mundial, también participan en la tala de innumerables bosques cada año. Los leñadores, incluso de forma furtiva, también construyen carreteras para acceder a bosques cada vez más remotos, lo que conlleva un incremento de la deforestación. Los bosques y selvas también caen víctimas del crecimiento urbano constante. La deforestación tiene efectos negativos para el medio ambiente. El impacto más dramático es la pérdida del hábitat de millones de especies. Setenta por ciento de los animales y plantas habitan los bosques de la Tierra y muchos no pueden sobrevivir la deforestación que destruye su medio. La deforestación es también un factor coadyuvante **del cambio climático**. Este trastorno contribuye a la aparición de cambios de temperatura más extremos que pueden ser nocivos para las plantas y animales. Los árboles desempeñan un papel crucial en la absorción de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global. Tener menos bosques significa emitir más cantidad de gases de

efecto invernadero a la atmósfera y una mayor velocidad y gravedad del cambio climático.

Los científicos reconocen **dos grandes grupos de factores considerados como los agentes causales, ligados directa e indirectamente con la deforestación** en los trópicos: las fuerzas proximales y las fuerzas impulsoras subyacentes. En el primer grupo se ubican todas las actividades humanas y las acciones inmediatas que se expresan a nivel local, como la expansión agrícola, que se origina de un uso del suelo predeterminado y tienen un impacto directo sobre la cobertura forestal. Las fuerzas impulsoras subyacentes, son procesos sociales fundamentales, como la dinámica de población o las políticas agrícolas que dan origen a las causas proximales. (Lazo, 2014).

Campbel (citado en Huamán 2017), menciona que el **carbono** se encuentra en el aire como anhídrido carbónico o dióxido de carbono. Que todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, el cual lo obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su desarrollo y crecimiento, y que son liberados cuando éstos organismos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye el carbono, por lo que es uno de los más importantes de la vida.

Honorio & Barner (2010) afirma que los **bosques tropicales juegan un rol importante en el ciclo del carbono** global porque contribuyen a regular la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y, por lo tanto, la tasa del cambio climático. Se estima que las emisiones de carbono debido a la deforestación tropical representan aproximadamente 20% de las emisiones totales generadas por las acciones humanas. En contraparte, resultados de parcelas permanentes en bosques tropicales en América y África muestran que los bosques intactos han funcionado como sumideros de carbono en las últimas décadas, presentando un aumento en la biomasa de una magnitud

casi similar a las emisiones por deforestación. En términos generales recalcan que los bosques tropicales intactos han ayudado a reducir el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera en las últimas décadas.

Estos autores exponen que el **ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento** y la transferencia entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos de moléculas constituidas por el elemento carbono. Es importante entender la diferencia entre un stock y un flujo de carbono. **En un bosque tropical, el stock de carbono** es todo aquello que se encuentra almacenado en los diferentes componentes y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el stock. Cuando cuantificamos el stock de un bosque, muestreamos: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo. Cuando cuantificamos los flujos del carbono en el bosque muestreamos: a) la fotosíntesis de las hojas, b) la respiración autotrófica (p.e. árbol) y heterotrófica (p.e. hojarasca, madera muerta, suelo); c) la mortalidad de troncos, ramas, hojas y raíces; y d) la descomposición de la madera y la hojarasca causada por los organismos degradadores.

Las **unidades de medida utilizadas en los stocks de carbono** se expresan en términos de peso de carbono por unidad de área (Mg C ha) y los valores de los flujos siempre incluyen la variable tiempo (Mg C ha año). Por ejemplo, 150 Mg C ha año se lee “Ciento cincuenta Megagramo de carbono por hectárea al año”. Es importante entender la relación entre las diferentes unidades usadas en los resultados de los estudios del ciclo de carbono, tales como: 1 Megagramo (Mg) = 1,000 Kilogramos (kg) = 1 Tonelada (t) 1 Petagramo (Pg) = 1,000,000,000 Mg = 1 Gigatonelada (Gt) 21 Hectárea (ha) = 10,000 m² A cada valor promedio de stock.

Existen tres metodologías generales para la identificación del stock de

carbono y se detallan a continuación:

Cuadro 6. Metodologías para el muestreo del stock de carbono.

Método	Descripción	autor
Muestreo destructivo	Basada en el peso directo de los diferentes componentes de un bosque usando una balanza. En el caso de los árboles de mayor tamaño, esta metodología se utiliza para obtener o verificar ecuaciones alométricas que relacionan la biomasa del árbol con variables medibles en el bosque como el diámetro del árbol. Cuentan con poca representatividad de toda la variación en el tamaño de los individuos, especialmente de aquellos individuos grandes.	(Honorio Barner,2010)
Muestreo no destructivo	Permite hacer estimaciones indirectas de la biomasa usando ecuaciones alométricas. El diámetro del árbol es una variable relativamente fácil de medir en campo y estima muy bien la biomasa sin embargo, para hacer comparaciones de stock de carbono entre diferentes lugares o tipos de bosque es necesario considerar otras variables como la altura de los individuos y la densidad de la madera.	Rugnitz, Chacón y Porro, (2009)
Percepción remota	<p>Se la usa en evaluación de stocks aéreos de carbono en forma remota usando satélites ópticos y no ópticos.</p> <p>Los satélites ópticos sólo ofrecen información espectral sobre la interacción de la luz con las diferentes cubiertas del suelo. Esta información espectral nos informa del contenido de clorofila de los bosques, pero este valor no tiene una relación directa con el stock de carbono. Usando técnicas texturales se ha obtenido información sobre la estructura del bosque en función de sus copas y se ha utilizado con éxito en caracterización espacial de bosques amazónicos mediante análisis de lacunaridad. Está todavía en fase de estudio.</p> <p>Los satélites no ópticos como el radar y el lidar son satélites activos que emiten sus propias fuentes de energía, son capaces de atravesar los bosques y ofrecer información sobre la estructura del bosque más allá de sus copas. Sin embargo el uso de la percepción remota requiere de datos tomados en campo para calibrar los resultados.</p>	Gibbs, H. Brown, S. Niles, J. & Foley, J. (2007)

Fuente: Datos tomados de (Honorio y Barner,2010), Rugnitz, Chacón y Porro, (2009), Gibbs, H. Brown, S. Niles, J. & Foley, J. (2007)

En lo que refiere a los **métodos para estimar biomasa**, Gibbs, Brown, Niles y Foley (2007), sostienen que no existe un método único para estimar una reserva de biomasa sino varios, según la escala considerada y los entornos a medir:

Cuadro 7. Beneficios y limitaciones de los métodos disponibles para estimar las reservas de carbono forestal.

Método	Descripción	Beneficios	Limitaciones
Biomasa promedios	Estimaciones promedio de reservas	*Inmediatamente disponible y sin costo *Refinamiento de datos podría aumentar la precisión * Globalmente consistente	*Bastante generalizado *Fuentes de datos no muestreado apropiadamente para describir grandes áreas
Inventario de bosques	Se relaciona con base a medidas del árbol diámetros o volumen a reservas forestales de carbono usa relaciones alométricas	*Relaciones genéricas fácilmente disponibles *Método de tecnología ampliamente entendido *Puede ser relativamente barato El trabajo de campo pero es muy extenso	*Relaciones genéricas no apropiado para todas las regiones *Difícil de producir globalmente resultados consistentes
Control remoto de sensores óptico	Utiliza longitudes de onda infrarrojas visible para medir índices espectrales y se correlacionan con las mediciones de carbono forestal en tierra Ej: Landsat, MODIS	*Datos satelitales rutinariamente recogido y libremente disponible a escala global Globalmente consistente	*Capacidad limitada para desarrollar buenos modelos para los bosques tropicales * Índices espectrales saturar a relativamente bajos niveles de carbono
Aerotransportador óptico sensores	*Utiliza imágenes de muy alta resolución (~10-20 cm) para medir el árbol, su altura y área de la corona y alometría para estimar las reservas de carbono *Ejemplo: fotos aéreas, 3D imágenes aéreas digitales	*Reduce tiempo y costo de recolectar datos de inventario en el bosque * Exactitud razonable * Excelente terreno de verificación para línea base de deforestación	*Solo cubre pequeño áreas (10 000s ha) *Puede ser costoso y técnicamente exigente * No alométrico relaciones basadas en el área de la corona están disponibles
Radar remoto Sensores	Utiliza microondas o señal de radar para medir estructura vertical del bosque *Ej: ALOS PALSAR, ERS-1, JERS-1, Envisat)	*Los datos satelitales son generalmente gratis *Nuevos sistemas lanzados en 2005 espera que proporcionar datos mejorados * Puede ser preciso para bosque joven o escaso	Menos preciso en marquesinas complejas de bosques maduros porque señal satura *Terreno montañoso también aumenta los errores * Puede ser costoso y técnicamente exigente
Control remoto por láser	* LiDAR usa luz láser para estimar el bosque altura/ estructura vertical Ej. Carbono 3-D sistema satelital combina vegetación LiDAR (VCL) con cámara horizontal	*Estimaciones precisas variabilidad espacial completa de las reservas de carbono forestal * Potencial para satélites sistema para estimar carbono forestal global cepo	*Montada en un avión solo sensores *Sistema de satélite no aún financiado *Requiere una amplia datos de campo para la calibración *Puede ser costoso y técnicamente exigente

Fuente. Datos tomados de Gibbs, Brown, Niles y Foley (2007).

Existen **otros métodos como la metodología de WinSock** (Pearson, 2007) A Guide to Monitoring Carbón Storage in Forestry and Agroforestería Projects describe un sistema de métodos rentables para monitorear y verificar comercialmente el stock de carbono, para tres tipos de uso de la tierra; plantaciones forestales, bosques naturales gestionados y agroforestería. El Programa de Monitoreo de Carbono Forestal de WinSock International desarrolló este sistema con sus socios como una forma de proporcionar resultados confiables utilizando principios y prácticas aceptados de inventarios forestales, ciencias del suelo y estudios ecológicos. Quizás lo más importante es que el sistema lleva los métodos de investigación de campo a los **inventarios a escala comercial**, con niveles de precisión especificados por los organismos de financiación, (Castellanos, Alma, & Mato, 2010).

El IPCC, (2003) Intergubernamental Panel on Climate Change o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático (IPCC) fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Sus atribuciones comprenden evaluar la información científica y socioeconómica disponible sobre el cambio climático y su impacto, así como las opciones para mitigar el cambio climático y la adaptación al mismo, proporcionar, previa solicitud, asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la Conferencia de las Partes (CP) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). Desde 1990 el IPCC ha elaborado una serie de informes de evaluación, **informes especiales, documentos técnicos, metodologías y otros productos que se han convertido en obras de referencia estándar, ampliamente utilizadas por los responsables de políticas, científicos y otros expertos**. Dentro de ello presento la metodología para la captura o stock de carbono como aporte a la disminución del calentamiento global y el cambio climático, utilizando métodos básicos de muestreo y análisis en ecología

vegetal, haciendo las adaptaciones necesarias al entorno donde se desarrolla, (Bert Metz, 2005).

United States Department of Agriculture (USDA), (Pearson, Brown, & Birdsey, 2007). Esta metodología parte de pautas que pretenden ser una referencia para diseñar un **inventario de carbono forestal y un sistema de monitoreo, y se basan en la experiencia y la literatura de los autores**. Los usuarios deben revisar cuidadosamente el material presentado y adaptar los procedimientos recomendados a sus circunstancias específicas utilizando el conocimiento local de las condiciones y prácticas del bosque, y los datos específicos de la ubicación cuando sea posible. Las pautas están diseñadas para condiciones "promedio" o típicas, por lo que sus resultados pueden no ser tan precisos. Por ejemplo, aunque nuestras pautas recomiendan usar ecuaciones de biomasa generalizadas que representan las condiciones nacionales promedio, estas ecuaciones pueden no funcionar bien para las poblaciones de árboles forestales que se desvían significativamente del promedio.

Aunque el objetivo principal de las actividades forestales para la reducción de los gases de efecto invernadero es aumentar las reservas de carbono, estas actividades también pueden dar lugar a cambios en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂. Los ejemplos incluyen quemar biomasa; aplicar fertilizantes sintéticos y orgánicos a los suelos; cultivar árboles fijadores de nitrógeno; y actividades de inundación y drenaje de turba. Además, las actividades de uso de la tierra que alteran los suelos, por ejemplo, la preparación del sitio durante la repoblación forestal, pueden afectar las emisiones y remociones no CO₂ de los suelos. Es probable que estos sean insignificantes en el sector forestal, y los métodos prácticos y rentables para medir los gases de efecto invernadero distintos del CO₂ para las actividades forestales están menos desarrollados. No proporcionamos pautas para monitorear, estimar o reportar flujos significativos de gases distintos al CO₂ para la silvicultura.

Para las actividades forestales, no siempre es necesario medir todos los depósitos de carbono. Los sistemas contables selectivos o parciales pueden ser apropiados siempre que se incluyan todos los grupos para los cuales las emisiones probablemente aumenten como resultado de la actividad (pérdida en carbono o emisión). La selección de los grupos a medir y monitorear depende de factores tales como la tasa esperada de cambio, la magnitud y la dirección del cambio, la disponibilidad y la precisión de los métodos para cuantificar el cambio y el costo de medición, (Pearson, et al. 2007).

Programa de la ONU REDD+. -El Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los bosques en los países en desarrollo (Programa ONU-REDD+) se lanzó en 2008 y se basa en el poder organizador y los conocimientos técnicos de la FAO, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ONU medio ambiente. El Programa ONU-REDD brinda apoyo a los procesos de REDD+ dirigidos a nivel nacional y promueve la participación consciente y significativa de todas las partes interesadas, en particular, los pueblos indígenas y otras comunidades que dependen de los bosques en la implementación de REDD+ a nivel nacional e internacional. Con el Programa ONU-REDD, los esfuerzos de preparación de los países han comenzado a mostrar resultados significativos que llevarán a acciones para los pagos basados en resultados, (FAO, 2014).

La FAO es el principal socio que ofrece asistencia a los países en el desarrollo de sus capacidades de medición, notificación y verificación (MNV) de las emisiones de gases de efecto invernadero y en la construcción de Sistemas Nacionales de Seguimiento Forestal (SNSF) para tener REDD+ sólidos, lo que responde al mismo tiempo a las necesidades más amplias de seguimiento para el desarrollo sostenible. La FAO también está apoyando la implementación de

esfuerzos de mitigación de REDD+ de las Estrategias nacionales de REDD+, medidas que comprenden elementos clave del Marco Estratégico del Programa ONU-REDD para 2016–2020 La FAO también presta apoyo a los países en cuestiones transversales diseñadas para facilitar un ambiente propicio para REDD+, tales como preparación jurídica y desarrollo de capacidades, identificación de buenas prácticas para la gestión forestal sostenible, gobernanza, y regímenes de tenencia de la tierra. A este respecto, se han promovido ampliamente las Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques (DVGTT) en el contexto de la seguridad alimentaria nacional, (FAO, 2014).

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que este permite determinar los montos de carbonos y la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmosfera o conservado y fijado en una determinada superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero, (Shlegel, 2001).

Picard & Saint (2012) afirman que las **estimaciones de biomasa forestales basadas en los inventarios forestales** exigen que se disponga de:

1. Un **inventario** exhaustivo o estadístico de los árboles presentes;
2. **Modelos para evaluar** las reservas a partir de las dimensiones de los individuos medidos;
3. Una **evaluación de la biomasa** contenida.

Las **medidas dasométricas** de las especies arbóreas (Altura, DAP, Área Basal, Volumen, Densidad y biomasa aérea) (Cansino, 2012). Se establecen con las siguientes ecuaciones:

La altura se mide en una vegetación o una especie de acuerdo al interés que se

tenga y puede ser de forma cualitativa o cuantitativa. El equipo utilizado para su medición fue el **clinómetro Suunto**, que es un instrumento preciso y se puede usar para medir cualquier altura, por su facilidad de uso.

Diámetro altura del pecho. -El diámetro del tronco de un árbol es uno de los parámetros de mayor uso para estudios de ecología vegetal. Consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia. Esta medida sirve, a su vez, para medir el área basal y el volumen del tronco de los árboles. El diámetro de los árboles se mide a una altura de 1,3 m de la superficie del suelo (DAP=diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica. La cinta métrica mide el perímetro, a partir del cual se puede calcular el diámetro. Cuando se mide el perímetro el cálculo para transformar a diámetro es el siguiente:

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (5)$$

Dónde:

D= Diámetro altura del pecho

C= Circunferencia del tronco del árbol

π= 3,1416

Área Basal. - es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas. Por definición, el área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo. En árboles, este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1,3 m).

La estimación del área basal se usa generalmente en los estudios forestales, puesto que, con otros parámetros, como la densidad y altura, brindan un estimado del rendimiento maderable de un determinado lugar. Cuando se tiene

el DAP, el área basal (AB) para un individuo se obtiene de la siguiente manera:

$$AB = \pi \frac{(DAP)^2}{4} \quad (6)$$

Dónde:

AB= Área basal

π= 3,1416

DAP= Diámetro altura del pecho

Volumen. -es muy utilizado por los profesionales forestales para determinar la cantidad de madera, de una o varias especies existente en un determinado lugar. El volumen de la madera cosechable se obtiene a partir del área basal y la altura comercial o total del tronco de un árbol. El tronco generalmente tiene forma cónica y, por lo tanto, es necesario tomar en cuenta esto para lograr mayor exactitud en su cálculo. De forma general, el volumen se calcula de la siguiente forma:

$$V = AB * h \quad (7)$$

Dónde:

AB= Área Basal

h= Altura

Es la abundancia por unidad espacial (superficie o volumen). A menudo resulta más útil que el tamaño absoluto de la población, ya que la densidad determina aspectos fundamentales como la competencia por los recursos. También puede ser considerada como la cantidad de individuos por unidad espacial. Para plantas se utiliza el número de individuos, la cobertura, la frecuencia y la biomasa por especie. Sin embargo, la cobertura es la variable más utilizada para cuantificar la abundancia de especies vegetales. Es la proporción de la superficie muestreada recubierta por la proyección vertical de la vegetación

(Martella, 2012).

Biomasa área. - es considerada toda materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta (por Ej. en los árboles, los cultivos, las gramíneas, las raíces). El término “biomasa” corresponde a una definición común de la biomasa por encima del suelo y de la biomasa por debajo del suelo.

Toda la biomasa viva por encima del suelo incluyendo el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, semillas y las hojas.

Para calcular la biomasa aérea (BA) para especies se utilizará la siguiente Ecuación (Brown y Lugo, 1994):

$$BA = (V) * D \quad (8)$$

Dónde:

V= Volumen

D= Densidad

Para la estimación de la biomasa aérea se utilizó la siguiente ecuación (Brown y Lugo, 1994): Los datos de densidad de la madera (t/m^3) se tomaron de los estándares internacionales de densidad de madera. Todos los valores de biomasa se pasan a carbono mediante el factor:

Contenido de carbono en biomasa aérea. -Con los datos obtenidos, se procedió a aplicar la ecuación propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2003), para zonas de bosques tropicales.

Biomasa arbórea por hectáreas: Definición: La biomasa arbórea sobre la superficie (Above-Ground Tree Biomass) es una de las siete reservas importantes de carbono en la agricultura, silvicultura y utilización del terreno.

Incluye árboles definidos generalmente como organismos de 5 cm. o más de diámetro y 1.30 m. de altura sobre la superficie. La ecuación a utilizar es:

$$BA = \frac{\sum ab}{1000} * \frac{10000}{Ap} \quad (9)$$

Dónde:

BA= Biomasa Aérea

Ab= Área basal

Ap= Área de parcela

Factor 1000 = Conversión de unidades de muestra de kg, MS/t Ms (Kg de madera seca/toneladas de madera seca)

Factor 10 000= Conversión del área (m²) a hectáreas.

Stock de carbono en la biomasa arbórea por hectáreas: para identificar la cantidad de carbono por hectárea la Biomasa aérea sobre el suelo (t MS/ha.) se multiplica por la Fracción de carbono (tC/t MS) Valor estándar para el IPCC para CF= 0,5.

$$\Delta CBA = (BA * CF) \quad (10)$$

Dónde:

ΔCBA= Stock de carbono en la biomasa sobre el suelo (tC/ha.)

BA= Biomasa aérea sobre el suelo (t MS/ha.)

CF= Fracción de carbono (tC/t MS) Valor estándar para el IPCC para CF= 0,5

Para la Plataforma sobre financiamiento climático para Latinoamérica y el

Caribe la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la deforestación y degradación de los bosques, la conservación y el incremento de las capturas de CO₂, también conocida como REDD+, es un mecanismo de mitigación del cambio climático desarrollado bajo la Comunidad Mundial de Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) que busca reconocer y proveer incentivos positivos a los países en vías de desarrollo para proteger sus recursos forestales, mejorar su gestión y utilizarlos de manera sostenible con el fin de contribuir a la lucha global contra el cambio climático y sus efectos.

En la actualidad el mecanismo REDD+ incluye 5 actividades:

1. Reducción de la Deforestación
2. Reducción de la Degradación
3. Conservación
4. Manejo Sostenible de los Bosques
5. Aumento de los stocks forestales de carbono

Debido a esto la Plataforma sobre financiamiento climático para Latinoamérica y el Caribe planteó que el incentivo se orientara exclusivamente a reconocer el almacenamiento de carbono de áreas forestales con altos contenidos de carbono y fuertes presiones de deforestación o degradación, con el tiempo se incluyó un enfoque más amplio que reconoce otras actividades elegibles para este mecanismo, tales como la conservación de los stocks de carbono, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales en los países en desarrollo lo que ahora se conoce como REDD+ (REDD+ “plus”).

Por otra parte, con la declaración del año 2015 como año Internacional de los Suelos por parte de la FAO, algunos han argumentado que la nueva visión que promueve REDD+ podría fomentar la conservación de los suelos, un patrimonio subestimado que es amenazado por la deforestación y degradación de la cobertura vegetal.

La degradación de suelos implica la pérdida de la capacidad productiva del suelo y su capacidad de proveer hábitat a la biodiversidad (FAO 2015). El suelo es el sustrato de toda actividad rural. Por lo tanto, el enfoque de suelos (y carbono) invita a una visión de paisaje, una perspectiva territorial que traspase las barreras de las prácticas sectoriales (*Gardi et al., 2014*).

REDD+ (reducción de emisiones de la deforestación y degradación de bosques) es un marco político que está siendo desarrollado por las Naciones Unidas (ONU) y que tiene como objetivo aprovechar los pagos de los mercados emergentes de carbono para limitar la deforestación y la degradación de los bosques en el mundo en desarrollo.

Los procesos REDD+ se están transformando más rápidamente en los países donde existen cambios políticos afines. El análisis de políticas de REDD+ exitosas identifica la necesidad de una combinación entre ambos. Así, los países que han iniciado cambios en sus instituciones tienen más avances en el diseño de REDD+; además un sentido de propiedad nacional y la presencia de coaliciones para el cambio, también son importantes, (*Zamora, 2014*).

En este contexto, las iniciativas REDD+ que se implementan a través de una unidad de gobierno formal, como un estado, municipio o distrito tienen ventajas, ya que cuentan con mayor coordinación entre las instituciones de gobierno (local, estatal, federal) y los sectores involucrados (agrícola, silvícola, minero, social); además del acceso, al menos, a la financiación operativa de bajo nivel (*Zamora, 2014*).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La línea de investigación de este estudio es el manejo integral de cuencas hidrográficas. El tipo de investigación es observacional, debido a que los datos fueron obtenidos de muestras colectadas en 26 puntos geográficos. El estudio tiene más de una variable, por lo tanto, es analítico y multivariable. La investigación es de diseño no experimental donde no se produce la manipulación de variables. Al momento de la medición las variables ya han sido manipuladas por el azar.

En cuanto al alcance, la investigación es: **planificada** porque se realiza la toma de datos en cada uno de los transectos considerados para el cálculo del stock de carbono y para la diversidad arbórea. **Comparativa** debido a que los resultados durante el periodo de estudio de la relación diversidad arbórea y stock de carbono se comparan y a partir de estos resultados se diseñó el índice de calidad ambiental, y de tipo **longitudinal** debido a que los resultados de diversidad arbórea y stock de carbono se tomaron en un tiempo de seis años (2011-2016) lo que permitió un análisis transversal de los mismos.

Desde los niveles de investigación es de tipo descriptivo, correlacional, explicativo y aplicativo.

Descriptivo: Se realizó una descripción detallada de los avances en materia

de índices, calidad ambiental, stock de carbono (variable dependiente) y de la diversidad arbórea (variable independiente). **Correlacional:** después del análisis de la diversidad arbórea y el stock de carbono, se relacionó estas variables entre sí. **Explicativa:** se dio respuesta al comportamiento de una variable en función de otra y **aplicativa:** se diseñó un índice de calidad ambiental de stock de carbono que resolverá un problema en la que se enmarca innovación metodológica –técnica de stock de carbono y diversidad arbórea. La toma de datos se efectuó en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, incluida dentro de la Cuenca Carrizal–Chone de la provincia de Manabí- Ecuador. La Investigación incluye una data de seis años (2011-2016).

3.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis está constituida por la diversidad de especies de árboles del bosque de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, parroquia Quiroga, Cantón Bolívar y Cantón Pichincha, provincia de Manabí, Ecuador, la que se mantuvo durante el periodo de estudio (2011 y 2016) (Ver figura 1). El área de investigación posee las características del ecosistema del mundo “Bosque tropical húmedo” (BHT), Achard (2002) (ver cuadro 8), y al Ecosistema del Ecuador Bosque Siempre verde Estacional Piemontano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (BePc02) (Ministerio del ambiente del Ecuador [MAE],2013), (ver cuadro 9):

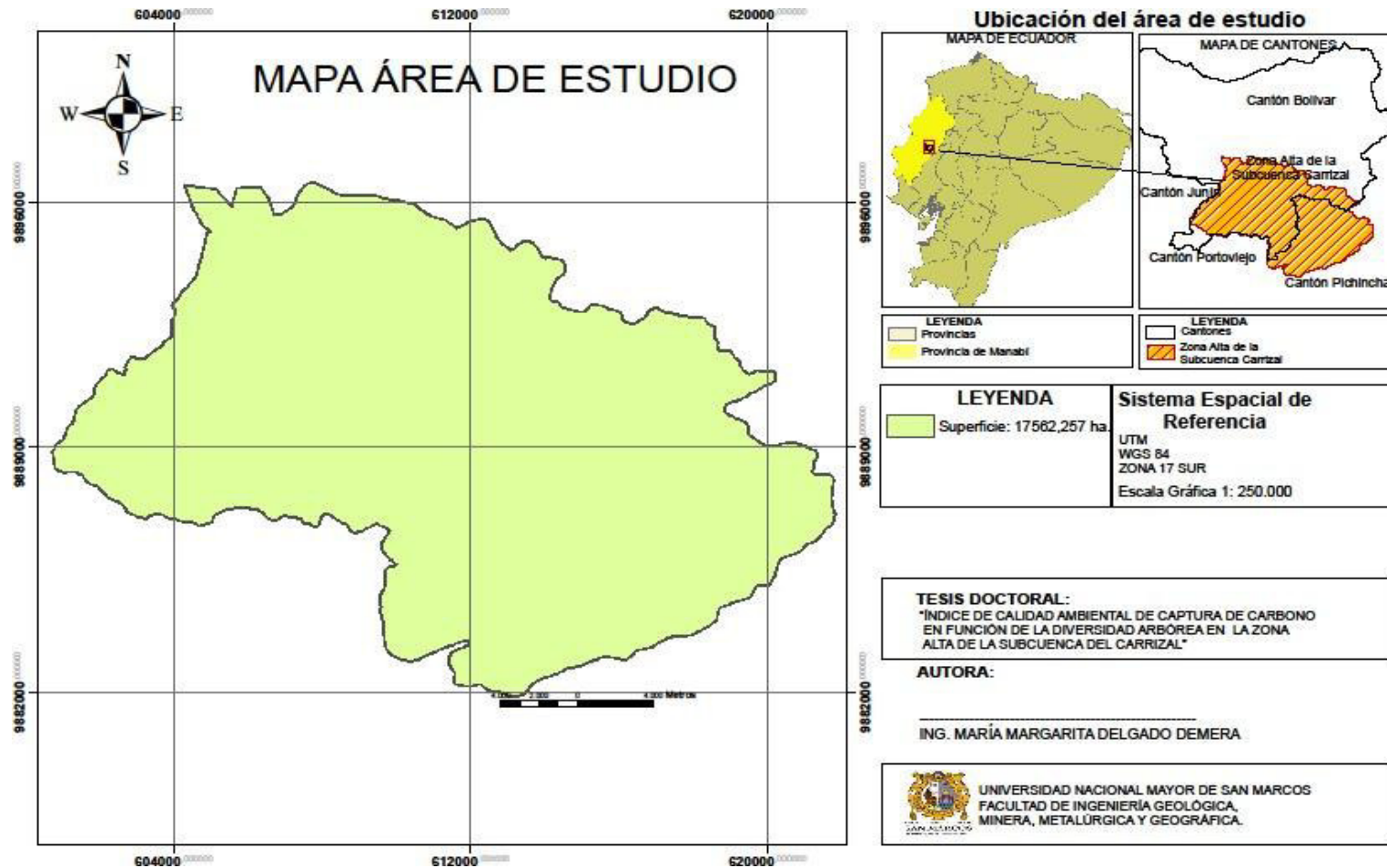


Figura 1. Área de estudio constituida en unidad de análisis. Fuente: (Elaboración propia).

Para que la investigación sea aplicada a futuro en otros entornos de bosques húmedos tropicales se describe el área biogeográfica de las especies arbóreas como ecosistema del mundo y también como ecosistema del Ecuador atendiendo a los criterios: Formación vegetal/ecosistema, fisonomía, bioclima, biogeografía, fenología, piso bioclimático, geoforma, referencias geográficas, temperatura.

Cuadro 8. Características del Ecosistema del mundo “Bosque tropical húmedo” (BHT).

Formación vegetal / Ecosistema	Bosque Tropical Húmedo (BHT)
Fisonomía:	Bosque tropical
Bioclima:	Húmedo
Fenología:	Siempreverde estacional. Los árboles son tan constantes y altos (de 30 a 60m)
Piso bioclimático:	A menos de 1.200 msnm
Referencias geográficas:	Se encuentran mayormente ubicados cerca de la línea del Ecuador, en Sudamérica y especialmente en países como Brasil, Venezuela, Perú, Colombia, Bolivia, el sureste de México y Ecuador. También es posible encontrar bosques húmedos tropicales en algunas partes de Centroamérica y llega a alcanzar zonas del continente asiático y africano. (Sudeste de Asia, Melanesia, Madagascar, Indochina, África y en el noreste de Australia).
Temperatura:	25° y 27° C, pero en determinadas ocasiones puede aumentar hasta 35° C
Precipitación:	1500 mm, y se mantienen regulares durante el transcurso de todo el año, en meses de relativa sequía el rango de las precipitaciones es menor
Extensión territorial:	Cubren el 7% del mundo

Fuente. Datos tomados de Achard (2002)

Cuadro 9. Características del Ecosistema del Ecuador Bosque Siempreverde Estacional Pie-montano de Cordillera Costera del Pacífico.

Formación vegetal / Ecosistema	Bosque Siempreverde Estacional Pie-montano de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (BePc02)
Fisonomía:	Bosque tropical
Bioclima:	Pluviestacional, Ombrotipo (Io): húmedo
Biogeografía:	Región: Litoral, Provincia: Pacífico Ecuatorial, Sector: Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial
Fenología:	Siempre-verde estacional
Piso bioclimático:	Pie-montano (200-400 msnm), Termotipo (It): Termotropical
Geoforma:	Relieve general: Costa Macrorelieve: Cordillera, Piedemonte, Mesorelieve: Colinas bajas
Referencias geográficas:	Manabí: Flavio Alfaro, Bosque Protector Carrizal-Chone, Reserva Ecológica Jama Coaque, Pambilar, cerros en el Parque Nacional Machalilla (La Mocora); Santa Elena: Recinto Las Cañas. Ver Anexo 1
Sistema Nacional de Área Protegida	Bosque Protector Carrizal-Chone. Acuerdo Ministerial No. 055 del 12 de octubre de 1988 y publicado en el Registro Oficial N.º 052 del 24 de octubre de 1988
Temperatura:	25° y 27° C, pero en determinadas ocasiones puede aumentar hasta 35° C
Precipitación:	1228mm
Hidrología:	La hidrología del lugar las conforma varias quebradas, afluentes como el estero Julián, ríos como Plátano, Palmita, Chico y Severino, que tributan al río principal del Carrizal
Sitios:	19 sitios (Julián, Severino, San Pablo, Mata Cacao, La Balsa, Tablada de Balsa, El Cuello, La Quena, Come y Paga, Aguacate, El Frutal, Río Chico, Las Torres, La Cristal, La Palmita, San Sebastián, Río Chico, Entrada a Río Chico, Piedra Azul), ESPAM-INIAP, (2015)

Fuente. Datos tomados de (MAE,2013)

3.3. Población de estudio

Para establecer la población de estudio se delimitó la sub-cuenca del Carrizal en el año 2010, luego se estableció los diferentes usos del suelo (Zonas agropecuarias, vegetación densa, suelo desnudo, cuerpo de agua y nubes) (ver figura 3), centrando el estudio en las especies arbóreas que son las principales especies que almacenan carbono

(Figuerola, Echeverry, Velázquez, Acosta, 2005). Se estableció la extensión de los bosques (ha) para luego aplicar los transectos.

3.4. Tipo de diseño, selección y tamaño de muestra

El tipo de muestreo aplicado para la determinación de la diversidad arbórea y la estimación del stock carbono fue el muestreo sistemático (Mostacedo y Fredericksen, 2000) orientado al sitio donde existen especies arbóreas, la forma y distribución de la unidad de muestreo, se las realizó de acuerdo con la metodología del (Ministerio del Ambiente de Perú [MINAM] ,2010), la forma de las parcelas fueron las rectangulares (transectos), y seleccionados de forma aleatoria abarcando la extensión del bosque. Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la ecuación del Ministerio del ambiente de Perú, (MINAM, 2010).

$$N = a + b(S) \quad (11)$$

Dónde:

N = superficie total de la muestra (ha)

S = superficie total a evaluar del área del proyecto (ha)

$a^* = 20$

$b^* = 0,0009$

a, b^* = constantes que varían según nivel de detalle del inventario:

a = 10	b = 0.0001	Nivel de reconocimiento
a = 15	b = 0.0003	Nivel semidetallado
a = 20	b = 0.0009	Nivel detalle

El número de transectos fue de 26 según la fórmula utilizada. Las dimensiones de los transectos fueron de 50 m de longitud por 20 m de ancho, con un distanciamiento mínimo de 500 m de acuerdo con la propuesta metodológica definida por (MINAM, 2010), (ver figura 2). Se elaboró un mapa que permitió la ubicación y la identificación de los transectos de área fija en el área de estudio, (ver Figura 5).

Se consideraron todos los árboles con un DAP (diámetro a la altura del pecho) 10 cm, con un PAP (perímetro a la altura del pecho) aproximado de 31,4 cm. Además, se incluyen árboles de 3 m de alto.

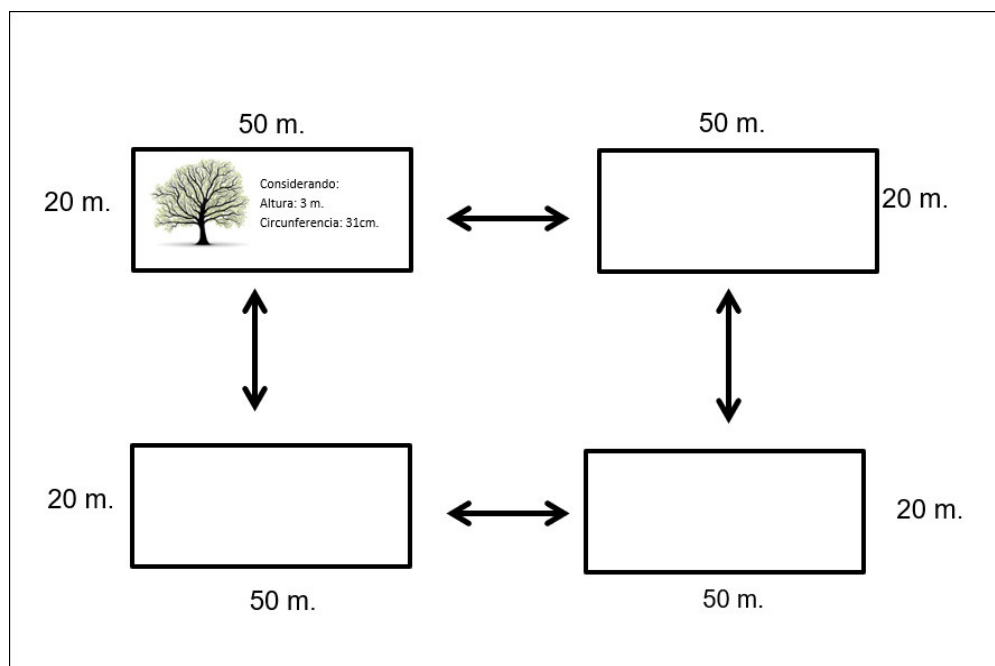


Figura 2: Distribución de las unidades de muestreo y consideraciones generales. Fuente: (Elaboración propia).

3.5. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos aplicadas se las presenta en función de los objetivos de la investigación:

3.5.1 Identificación de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Reconocimiento del sitio. Con la información cartográfica del mapa base del Cantón Bolívar facilitado por el Departamento de Desarrollo Comunitario de la Municipalidad del Cantón Bolívar [DDCMCB], 2010), (ver anexo 1) y con apoyo de los dueños de bosques nativos se procedió a

delimitar y georreferenciar; la unidad de estudio y sus transectos de áreas fijas durante el año 2010.

Uso y cobertura vegetal y de suelo. Para realizar y obtener datos de la superficie de **17562, ha.** Se trabajó con una imagen satelital Áster, del 2010, con una resolución de 15 x 15 metros. Las características que se utilizaron en el sistema espacial de referencia de origen fueron: Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 17 Sur y Datum WGS 84. Los cuales se procesaron en una estación de trabajo que opera en Windows 10 con el paquete informático para el procesamiento digital de imágenes (ArcGIS 10) del 2010.

Clasificación supervisada. Se realizó la clasificación a nivel semidetallado y el material de apoyo en el sistema Nacional de Información (SIN), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y puntos de GPS tomados en campo del área de estudio, además para la fotointerpretación verificación de coberturas de uso, se contó con el programa (Google Earth, 2010). El trabajo de interpretación se lo realizó empezando con el examen detallado de todo aquello que fue relevante con elementos familiares y después se continuó con los elementos menos conocidos.

Se seleccionaron los polígonos de entrenamientos de interés con el fin de obtener las áreas para la clasificación supervisada, los atributos de interés en la clasificación para usos y cobertura vegetal fueron: **cuerpos de agua, suelo desnudo, vegetación densa y zonas agropecuarias.** (ver figura 3 y cuadro 10).

Para identificar los diferentes atributos se generó una capa de puntos con el fin de interpretar en la imagen la reflectancia de los objetos, se realizó un entrenamiento que consistió en recorrer toda la imagen asignándole un valor a cada pixel en la imagen satelital, en lo posterior de la fase antes

mencionada se tomó las decisiones en donde se estableció los atributos a todos los pixeles, buscando que cada pixel sea lo más similar posible en lo referente a los polígonos de entrenamientos.

Para el establecimiento del distanciamiento aleatorio de los transectos se utilizó la ventana Arctoolsbox de (ArcGIS 10, 2010) en la herramienta gestión de datos, número de puntos y distancia mínima se creó los puntos aleatorios con la distancia mínima de 500m. Esta información se usó como referencia y junto al mapa de la unidad de estudio se determinó en campo los puntos definitivos de los transectos. (ver figura 5).

Identificación de especies arbóreas. Para la identificación de las especies arbóreas se elaboró una ficha técnica que se llevó al sitio de investigación, (anexo 2 y 3), con las principales características que permitan su establecimiento (Número de especie, nombre común, nombre científico, abundancia), para posteriormente en gabinete levantar el inventario de las especies arbóreas con sus valores absolutos y relativos. El nombre común e información relevante fue obtenido en primera instancia en base al conocimiento local de los habitantes de la sub-cuenca del Carrizal. Para las especies arbóreas que no fueron identificadas se recolectó muestra vegetal con el propósito de ser reconocidas por especialistas Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) (anexo 4 y 5). Esta actividad se la efectuó a partir de abril de 2010 hasta diciembre de 2011.

Inventario de las especies arbóreas, en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). La riqueza (S), abundancia (Ab) abundancia relativa (Ab%), e importancia familiar (If) se estableció considerando los 26 puntos de muestreo de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal. Para la riqueza se tomó en cuenta el número de especies identificadas, para la abundancia (Ab) el número de individuos de cada especie identificada, la abundancia relativa (Ab%) se consideró la proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos (Alvis, 2009). Se realizó análisis de

la información para los seis años en estudio y se plasmaron en cuadros descriptivos (Ver anexos 7a-7f).

Para establecer las familias encontradas se utilizó el índice de importancia familiar (Finol, 1971), (ver ecuación 4).

Evaluación de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal con los índices de Simpson, Shannon- Wiener y Pielou, (2011-2016). Para evaluar la riqueza y dominancia de las especies arbóreas se utilizaron los índices de Simpson (1949) y Shannon- Wiener (1949), y para la equitatividad el índice de Pielou (1969) a los 26 transectos de cada uno de los años en estudio, para el análisis de datos, se utilizó el software estadístico para biólogos PAST 3.19 (2010), para posteriormente compararlos con los valores altos, medios y bajos de las respectivas escalas propuestas por los autores para cada índice (ver ecuación 1,2,3) y (cuadro 3,4,5). Para analizar la variabilidad de la diversidad arbórea en los años en estudio, la información de los 26 transectos fueron agrupados por años en el programa SPss25 en donde se aplicó el diagrama de cajas y bigotes (Box-Plot) para visualizar la distribución en conjunto. Como prueba de ajuste para la normalidad de los datos se aplicó el test de Kruskal-Wallis.

Variabilidad temporal de los individuos de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Durante los años de estudio se registraron diferencias en el número de individuos de las especies arbóreas identificadas, y para saber qué tanto se perdió o se ganó como resultado de la alteración, se realizó un cuadro descriptivo (2011-2016) considerando el año 2011 como la línea base.

3.5.2 Estimación del stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Para estimar el stock de carbono que almacena la biomasa aérea de las especies arbóreas identificadas en el primer objetivo durante los seis años de estudio (2011-2016), se utilizó la metodología no invasiva para la

determinación de carbono aplicada por Rugnitz, Chacón y Porro, (2009), que permite estimar el stocks de carbono sin alterar el equilibrio ecológico de la zona, a través de mediciones dasométricas, es decir sin necesidad de determinar el carbono a través de la tala de las especies en estudio. Para la obtención del stock de carbono se utilizaron los 26 transectos utilizados en la identificación de especies arbóreas.

Variables dasométricas. Antes de aplicar la ecuación del stock de carbono que almacena la biomasa arbórea aérea durante los años de investigación (2011-2016) propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2003) para zonas de bosques tropicales, se registró los datos de altura (h) y circunferencia del tronco de cada individuo de las especies arbóreas en la ficha técnica de diversidad arbórea y stock de carbono (anexo 6), considerando el diámetro normalizado (DN) y la altura total de 1,30 m, los individuos con una altura inferior a los 1,30 m no se contabilizaron (Galeana, et al., 2013). Los datos obtenidos en campo fueron almacenados en el programa Excel para su posterior utilización en la ecuación de stock de carbono. Los datos fueron agrupados por transectos y por años en el programa SPss,25, con el propósito de analizar la variabilidad de la diversidad arbórea para lo que se aplicó diagrama de cajas y bigotes (Box-Plot). A los datos se les aplicó el test de Kruskal-Wallis.

Las medidas dasométricas consideradas para los años en estudio fueron; diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal, volumen, densidad, (Cansino, 2012), biomasa área (Brown y Lugo, 1994). Que se establecieron con las siguientes ecuaciones, (Ver ecuaciones 5,6,7,8,9).

Contenido de carbono en biomasa aérea. Con los datos obtenidos, se procedió a aplicar la conversión de medidas, mediante la ecuación propuesta por el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2003), para zonas de bosques tropicales. (ver ecuación 9).

Stock de carbono en la biomasa arbórea sobre el suelo: para identificar la cantidad de carbono por hectárea de la Biomasa aérea sobre el suelo (t MS/ha.) se multiplico por la Fracción de carbono (tC/t MS) Valor estándar para el IPCC para CF= 0,5 (ver ecuación 10).

3.5.3 Determinación del índice de calidad ambiental de stock de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Relación de la Diversidad arbórea y el stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal 2011 a 2016. Para conocer el grado de relación que existe entre la diversidad arbórea y stock de carbono se consideró: Del stock de carbono los resultados del inventario del carbono almacenado en los 26 transectos en los años de estudio y de la diversidad arbórea los resultados del inventario de tres características que la representan: 1. número de especies arbóreas (riqueza), incidencia de cada una de las especies arbóreas en relación con las demás (abundancia) y diferenciación morfológica (biomasa). La relación stock de carbono (Y) y diversidad arbórea (X) se la hizo a través del coeficiente de correlación de Pearson (Pérez, 2013).

$$r = \frac{\sum(X_i - X)(Y_i - Y)}{\sqrt{\sum(X_i - X)^2(Y_i - Y)^2}} \quad (12)$$

Dónde:

X_i e y_i = valores de X y Y para el individuo i

Índice ambiental de stock de carbono (IASC). –Para la elaboración del índice de calidad ambiental por stock de carbono de la diversidad de especies arbóreas en nuestra área en estudio, se utilizó el análisis del **número efectivo de especies** sugerida por Moreno et al. (2011) para el análisis de la diversidad de especies biológicas. En esta investigación se consideró las medidas verdaderas del inventario del stock de carbono de la diversidad arbórea identificada lo que permitió obtener una interpretación

fácilmente comparable del stock de carbono y la fácil selección de la especie referencial (especie que almacena más carbono).

Como el inventario del stock de carbono de las especies arbóreas identificadas consideró a todos los individuos de las especies lo que en primera instancia se realizó fue considerar el stock de carbono de biomasa aérea para un individuo de las especies identificadas ($\Delta CBA1$); lo que permitió identificar que especie almacena más carbono. (ver cuadro 14). A esta especie se le denominó, especie referencial (**SpRef**). A partir de ella se identifica el número de individuos que necesitan cada una de las otras especies para igualar en stock de carbono a la especie referencial (**SpRef**). Logrando un escenario ideal para el stock de carbono de especies arbóreas en Bosques tropicales naturales. La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$ASC = \frac{\Delta CBASpRef}{\Delta CBASps \dots}$$

Donde:

IASC= Índice de stock de carbono

$\Delta CBASpRef$ = Stock de carbono de la biomasa aérea de la especie de referencial.

$\Delta CBASps\dots$ = Stock de Carbono de la biomasa aérea de cada una de las otras especies identificadas en el bosque tropical natural.

Escala de valoración del stock de carbono para un individuo de especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Para establecer la escala de valoración del índice ambiental del stock de carbono se elaboró una escala de valoración cualitativa y cuantitativa; los resultados del stock de carbono para un individuo de las especies identificadas en el área de estudio ($\Delta CBA1$) se los consideró como la escala cuantitativa; y las categorías Bajo, bajo (+) medio, medio (+), alto y alto (+) como la escala cuantitativa. Para definir la distribución de frecuencias y la amplitud de los valores de la escala cuantitativa y posteriormente la cualitativa, se lo hizo a través de la regla de Sturges, (1926), mediante la siguiente ecuación.

$$C = \frac{R}{1 + 3,322 \log. N} \quad (13)$$

De donde:

R=Valor máximo –valor mínimo

C= clase

N= Tamaño de la muestra

Peso ecológico de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal. Se lo realizó utilizando el índice de valor de importancia (IVI) de Cottam y Curtis utilizado por (Campo y Duval en el 2014), que se le aplica a la vegetación natural **con el propósito** de contribuir a la conservación de las características del bosque tropical natural y de esta forma en esta investigación proporcione más seguridad al momento del escogitamiento de la especie referencial del índice ambiental de stock de carbono ($\Delta CBASpRef$).

El índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas se deriva de la presencia u ocurrencia de las especies en la mayoría de las muestras (frecuencia). Este parámetro está condicionado por el número y tamaño de los individuos dentro del transecto (dominancia) y el tercer condicionante contribuye a reconocer el grado de uniformidad en la distribución de los individuos de cada especie (densidad), es decir, aquellas especies arbóreas que presentan un valor mayor son aquellos que poseen un patrón regular mientras aquellas con valor bajo son características de un patrón agregado, irregular y disperso. La dominancia relativa tiene como base el conocimiento de la cobertura, es decir, la proporción de terreno ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada (Matteucci y Colma, 2002).

El índice de valor de importancia (IVI) define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa.

$$Frecuencia\ reltiva = \frac{Frecuencia\ de\ la\ Sp * 100}{Frecuencia\ de\ las\ spp} \quad (14)$$

$$Dominancia\ realtiva = \frac{Dominancia\ de\ la\ sp * 100}{Donancia\ de\ las\ spp} \quad (15)$$

$$Abundancia\ relativa = \frac{N^{\circ}\ de\ indiv\ de\ la\ sp * 100}{N^{\circ}\ total\ de\ individuos} \quad (16)$$

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.1.1 Identificación de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Cobertura vegetal y uso de la tierra. En el mapa de cobertura vegetal y uso del a tierra, se observa la extensión del área de estudio, ubicada entre los cantones Bolívar 0°58'49.48"S 79°57'23.30"O y Pichincha 1°4'11.92"S 79°58'21.69"O de la provincia de Manabí en Ecuador. Se identifican los atributos: Cuerpo de agua, suelo desnudo, vegetación densa y zonas agropecuarias, (ver figura 3).

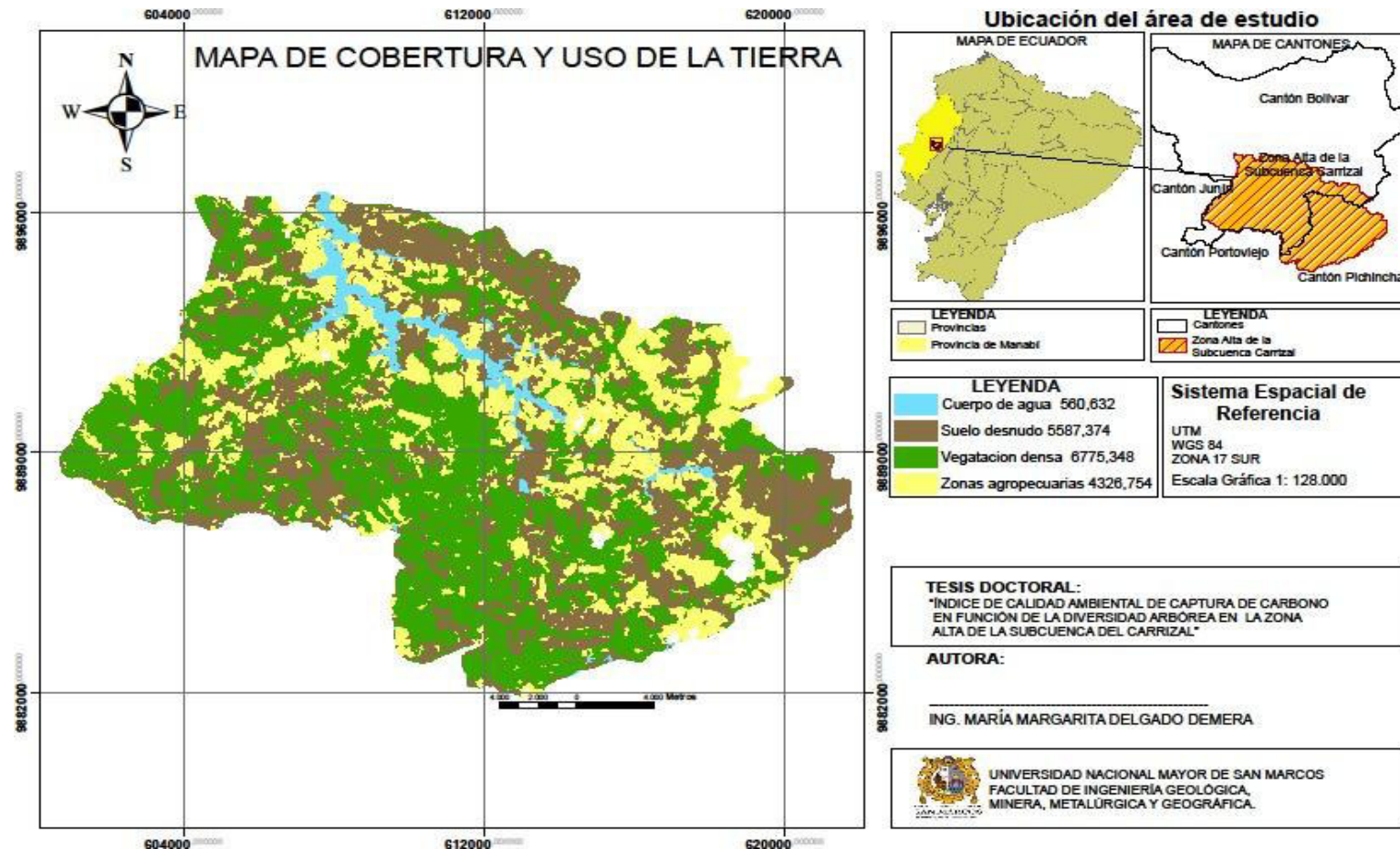


Figura 3. Mapa de cobertura y uso de la tierra de la zona alta de la microcuenca del Carrizal (2010). Fuente: (Elaboración propia).

En lo referente a la extensión de la cobertura y uso de la tierra en la zona alta de la sub-cuenca Carrizal para el año 2010, la vegetación densa representa 38,579 %. El porcentaje de nubes presentes fue 1,777% en una equivalencia de 312,149 ha. (ver cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentajes de cobertura y uso de la tierra en la zona alta sub-cuenca Carrizal (2010)

Uso de suelo	2010(ha)	%
Zonas agropecuarias	4_326,754	4,637
Suelo desnudo	5_587,37	31,815
Vegetación densa	6_775,348	38,579
Cuerpo de agua	560,632	3,192
Nubes	312,149	1,777
Total	17562,257	100,000

Fuente. (Elaboración propia).

Las especies arbóreas se encuentran en el atributo vegetación densa que tiene un equivalente a 6775,348 hectáreas la que representa el área de estudio de la investigación, (ver figura 4) y el mapa de puntos de muestreo, donde se identificaron los 26 transectos distribuidos en la vegetación densa (ver figura 5).

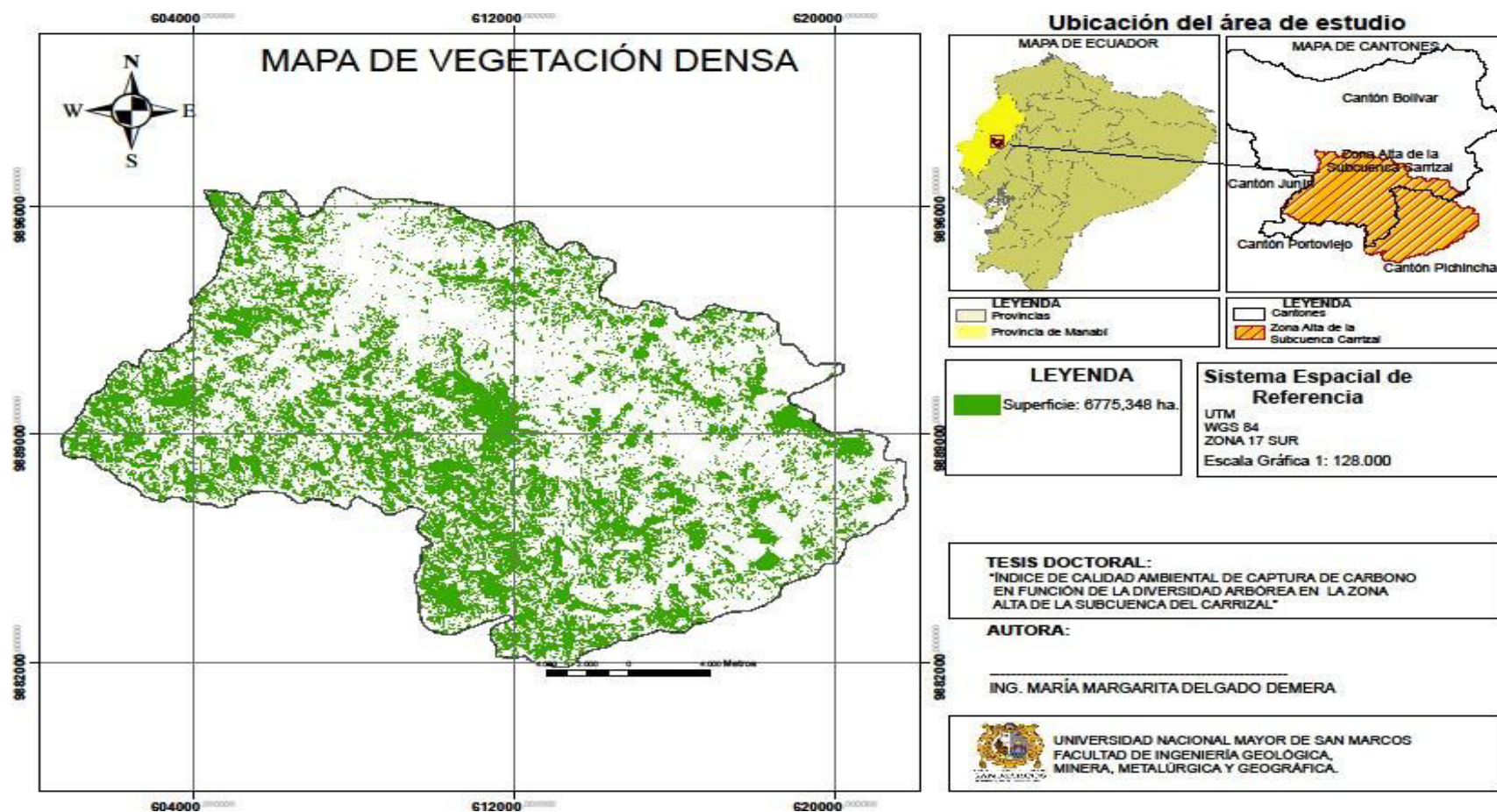


Figura 4. Mapa Vegetación densa en la zona alta sub-cuenca Carrizal (2010). Fuente. (Elaboración propia).

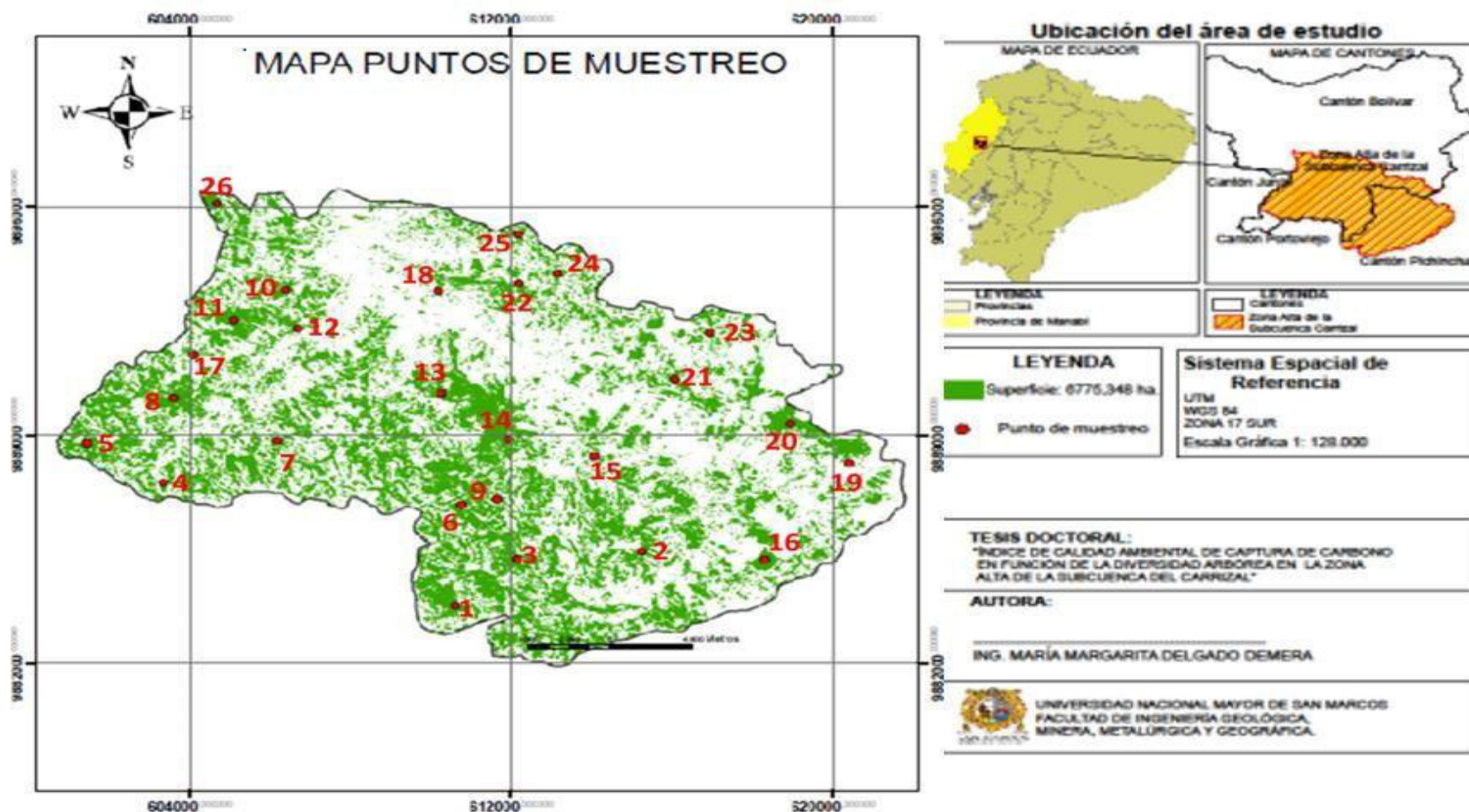


Figura 5. Mapa de puntos de muestreo en la zona alta sub-cuenca Carrizal (2010). Fuente. (Elaboración propia).

Inventario de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). En la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016), existen un total de 1647 individuos, representados en 23 familias, 35 géneros y 39 especies arbóreas. Las especies más abundantes son *Ochroma pyramydale* con 15,54%, *Muntingia calabura*, 12,81%, *Cecropia peltata* con 8,62% y *Guazuma ulmifolia*, 6,98%. Existen especies arbóreas que no son abundantes como *Ocotea sp.* con 0,24%, *Myroxylon pereirae* 0,30%, *Swietenia macrophylla* con 0,36%. (ver cuadro11).

Cuadro 11. Inventario de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Nº5	Nombre Común	Nombre Científico	NºInd.	Ab.(%)	(IF)
1	Samán	<i>Samanea saman</i>	85	5,16	Fabaceae
2	Guachapeli	<i>Pseudomaneia guachapele</i>	51	3,10	
3	Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>	13	0,79	
4	Caraca	<i>Erythrina velutina</i>	31	1,88	
5	Cativo	<i>Prionia copaifera</i>	20	1,21	
6	Bálsamo	<i>Myroxylon pereirae</i>	5	0,30	
7	Pela caballo	<i>Leucaena trichodes</i>	14	0,85	
8	Caucho	<i>Castilla elástica</i>	22	1,34	Moraceae
9	Moral fino	<i>Maclura tinctoria</i>	44	2,67	
10	Moral bobo	<i>Clarisia racemosa R.</i>	16	0,97	
11	Matapalo	<i>Caussapoa sp</i>	16	0,97	
12	Tillo	<i>Clarisia biflora</i>	16	0,97	
13	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	256	15,54	Malvaceae
14	Guasmo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	115	6,98	
15	Beldaco	<i>Ceiba trichistandra</i>	34	2,06	
16	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	8	0,49	Bignoniaceae
17	Amarillo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	13	0,79	
18	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	52	3,16	Boraginaceae
19	Tutumbe	<i>Cordia eriostigma</i>	9	0,55	
20	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	62	3,76	Meliaceae
21	Caoba	<i>Swietenia macrophylla King</i>	6	0,36	
22	Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	7	0,43	Sapotaceae
23	Zapotillo	<i>Manilkara zapota</i>	15	0,91	
24	Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	112	6,80	Polygonaceae
25	Frutillo	<i>Muntingia calabura</i>	211	12,81	Muntingiaceae
26	Guarumo	<i>Cecropia peltata L.</i>	142	8,62	Urticaceae,
27	Mulato	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>	6	0,36	Phyllanthaceae
28	Lengua de vaca	<i>Alseise gersi</i>	38	2,31	Proteaceae
29	Bototillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	40	2,43	Bixaceae
30	Membrillo	<i>Gustavia angustifolia</i>	14	0,85	Lecythidaceae
31	Achotillo	<i>Cupania cinérea</i>	19	1,15	Sapindaceae.
32	Naranjillo	<i>Aspidosperma myrsiticifolium</i>	19	1,15	Acanthaceae
33	Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>	16	0,97	Lamiaceae
34	Canilla de venado	<i>Cupania dentata</i>	19	1,15	Verbenaceae
35	Sapan de paloma	<i>Trema micrantha</i>	22	1,34	Cannabaceae
36	Molinillo	<i>Magnolia honandezii</i>	10	0,61	Magnoliaceae
37	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	48	2,91	Asteraceae
38	Jigua	<i>Ocotea sp</i>	4	0,24	Lauraceae
39	Lechero	<i>Sapium glandulosum</i>	17	1,03	Euphorbiaceae
39	N		1647	100,00	

Fuente. (Elaboración propia).

Las familias en la sub-cuenca del Carrizal (Ver figura 6) se presentan en un número de 23, que se mantienen en los seis años de estudio. Destaca la familia Fabácea con un 30 % conforman esta familia siete especies (*Samanea saman*, *Pseudosamanea guachapeli*, *Macherium millei*, *Prioria copaifera*, *Erithrina velutina*, *Myxoxilium pereirae* y *Leucaena trichodes* (ver cuadro 11), seguidas por la Morácea con 22 % compuesta por cinco especies y la Malvácea con 13 % y con 3 especies; existen otras familias que poseen el 4 % e incluyen a una especie. Las características de las familias es un indicador adecuado de la biodiversidad, pues son los elementos más relevantes de la estructura del ecosistema, determinando así la estructura arbórea y el estatus de un ecosistema Lòpez, *et al.*, (2017). Alvis, (2009), en su estudio análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayán con similares características ecosistémicos que a las de esta investigación, encontró que las familias más dominantes fueron la Myrtaceae, con el 35,55 % seguida de la familia Fabaceae con el 22,87 %, observándose un alto porcentaje de dominancia de esta familia en Bosques tropicales naturales.

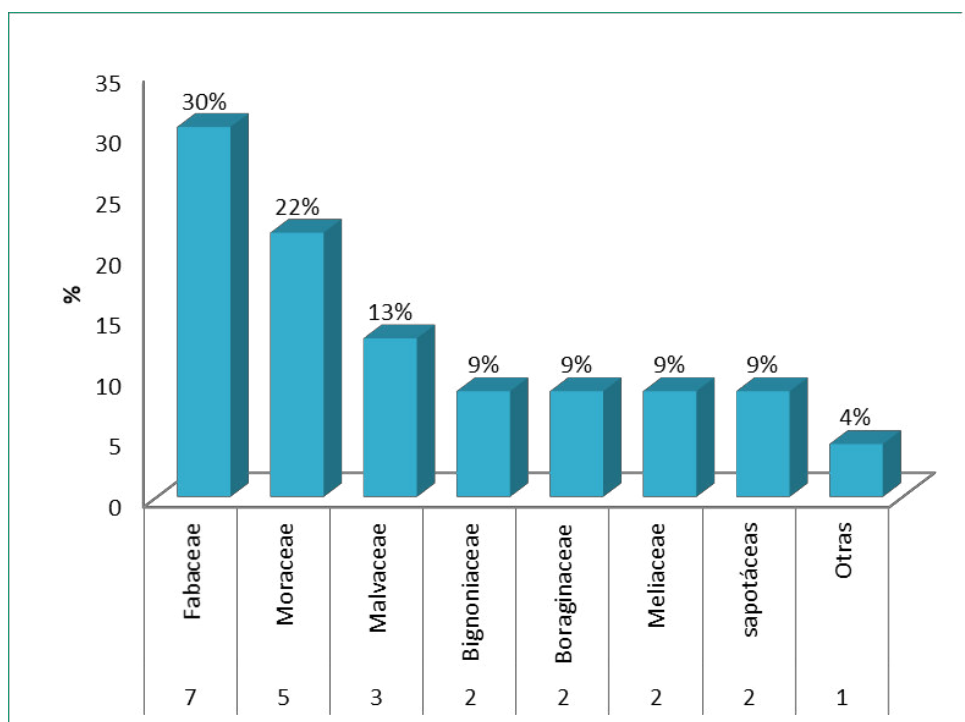


Figura 6: Distribución porcentual de las familias de las especies arbóreas de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Fuente. (Elaboración propia).

La evaluación de la diversidad arbórea con los índices de diversidad realizada a los 26 transectos en el programa Past 3.19 (2010), registran que en los seis años de estudio en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal existe una riqueza de 39 especies constantes. En lo que respecta al número de individuos disminuyó de 1962 en el año 2011 a 1258 en el 2016 en forma progresiva (ver cuadro 12).

Cuadro 12. Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)

Años	2011	2012	2013	2014	2015	2016
S	39	39	39	39	39	39
Aba	1962	1734	1731	1615	1432	1258
Simpson	0,902	0,903	0,906	0,911	0,912	0,902
Shannon	2,686	2,614	2,678	2,703	2,696	2,580
Pielou	0,876	0,888	0,882	0,897	0,909	0,901
Escalas						
Índices	Alta+	Alta	Media	Baja+	Baja	
Simpson	0,9-0,7		0,6 – 0,4		0,3 – 0,1	
Shannon	5	4	3	2	1	
Pielou	1		0,5		0	

S=riqueza; Aba=Abundancia.

Fuente. (Elaboración propia).

En la gráfica del diagrama de caja y bigote comparativo que se ilustra (Ver figura 7), deja ver que existe variabilidad en el número de individuos de los años en estudio, esta disminución se observa a medida que pasan los años y se intensifica a partir del 2014, 2015 y 2016. En las cajas del año 2016 se observa un alejamiento de la finura promedio en relación con los demás años su promedio mínimo no es parecido a los promedios del resto de los años en estudio; al compararlo con el primer año de estudio 2011 el promedio mínimo de este fue de 48 individuos y el máximo de 94 individuos y para 2016 el promedio máximo es de 59 especies cercano al mínimo del año 2011, evidenciándose la pérdida de individuos (ver anexo 8a y 8f). El análisis de los datos de los años de estudios donde se aplicó el test de

Kruskal-Wallis permiten afianzar lo expuesto pues registró diferencias significativas en la variabilidad de individuos de las especies arbórea en los años en estudio, donde p valor es menor a 0,05 con el 95% de significancia (ver anexo 17).

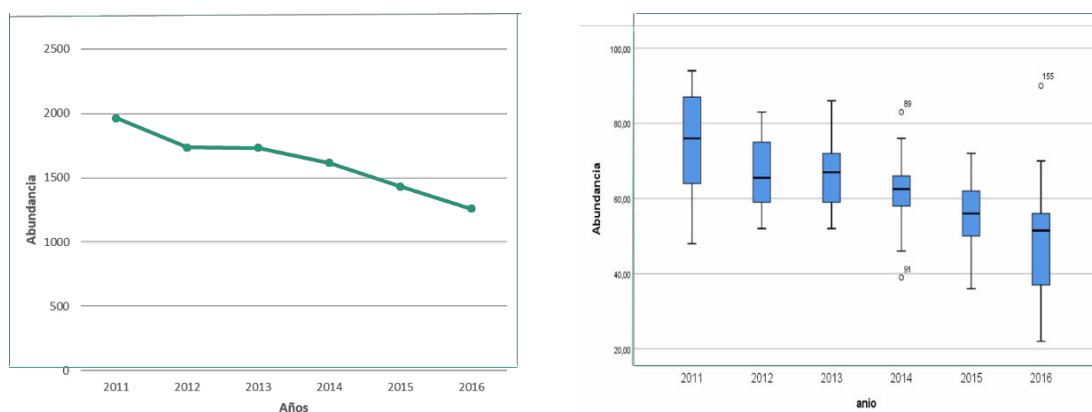


Figura 7: Variabilidad anual de la abundancia obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Fuente. (Elaboración propia).

En relación a la variabilidad de la diversidad arbórea desde el índice de Shannon, se observa que en el año 2011 existe una diversidad de 2,686 correspondiente a baja (+) de diversidad arbórea según la escala propuesta por el autor (ver cuadro 4) y que decae ligeramente en los años 2012 y 2016 a una diversidad de 2,614 y 2,580 respectivamente. En los años 2013, 2014 y 2015 la diversidad arbórea es ligeramente uniforme con tendencia a un mínimo aumento de diversidad arbórea. (ver cuadro 12).

En el valor de diversidad de 2,073 del año 2014 se observa gráficamente la amplitud tanto en la longitud de la caja como la del bigote, además la distribución de la finura es más simétrica con respecto al valor alrededor de la mediana (Ver figura 8). Esta situación acontece a la disminución de la abundancia de algunas especies dominantes como *Ochroma pyramidale*, *Muntingia calabura*, *Guazuma ulmifolia*, debido a tala por el valor de uso para los dueños de las tierras (ver figura 11 y anexo 10).

De forma general la diversidad arbórea en los años en estudio registra una escala baja (+) de diversidad arbórea, que oscila entre los valores de 2,580 para el 2016 y 2,703 en el 2014. El análisis de los datos de los años de estudios donde se aplicó el test de Kruskal-Wallis permiten afianzar lo expuesto pues no registro diferencias significativas en la variabilidad de la diversidad arbórea, en los años en estudio, donde p valor es mayor a 0,05, por lo tanto la diversidad arbórea según el índice de Shannon en los seis años en estudio no varía.(ver anexo 17)

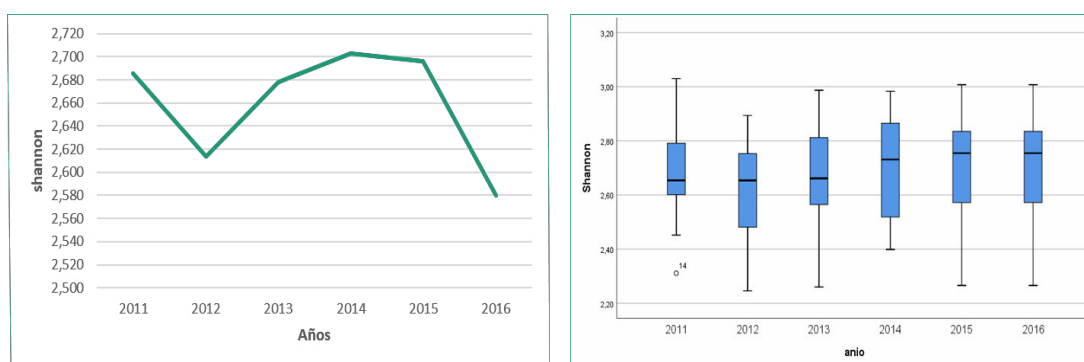


Figura 8: Variabilidad anual del índice de diversidad de Shannon obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Fuente. (Elaboración propia).

El diagrama de caja y bigote comparativo del índice de Simpson en los seis años de estudio (ver figura 9), revela que la distribución de la finura de las cajas es simétrica con respecto al valor central promedio debido a que la longitud de ambos rectángulos alrededor de cada mediana es aproximadamente igual en la mayoría de los años. Se observa que el índice de Simpson presenta resultados de dominancia alta (+) según la escala propuesta por el autor (ver cuadro 3), por lo tanto, la diversidad es baja (ver cuadro 12). Existen especies muy dominantes, como *Ochroma pyramidale*, *Muntingia calabura*, *Cecropia peltata*, *Guazuma ulmifolia*, que determinan que la dominancia sea alta (ver anexo 10a -10f). El análisis de los datos de los años de estudios donde se aplicó el test de Kruskal-Wallis permiten

afianzar lo expuesto pues no registro diferencias significativas en la variación de los años pues p valor es mayor a 0,05, por lo tanto, la dominancia esta alta (+) y por lo tanto la diversidad arbórea baja según el índice de Simpson en los seis años en estudio. (ver anexo 17).



Figura 9: Variabilidad anual del índice de diversidad de Simpson obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Fuente. (Elaboración propia).

El diagrama de caja y bigote comparativo del índice de Pielou en los seis años de estudio (ver figura 10), deja entrever que la distribución de la finura de las cajas es simétrica con respecto al valor central promedio debido a que la longitud de ambos rectángulos alrededor de cada mediana es aproximadamente igual en la mayoría de los años. En relación a la variabilidad temporal de los promedios anuales del índice de diversidad de Pielou (ver cuadro 12) registra que oscila entre 0,876 y 0,909 tendiendo a un ligero aumento; las especies en la sub-cuenca del Carrizal presentan valores altos de uniformidad en base a las escalas propuesta por el autor (ver cuadro 5). Esto se da debido a que ciertas especies disminuyeron en su número de individuos y esto se refleja en una mayor equitatividad en los años 2014, 2015 y 2016. El análisis de los datos de los años de estudios donde se aplicó el test de Kruskal-Wallis permiten afianzar lo expuesto pues no registro diferencias significativas en la variación de los años pues p valor

es mayor a 0,05, por lo tanto la uniformidad es alta (+) según el índice de equitatividad de Pielou en los seis años en estudio. (ver anexo 17).

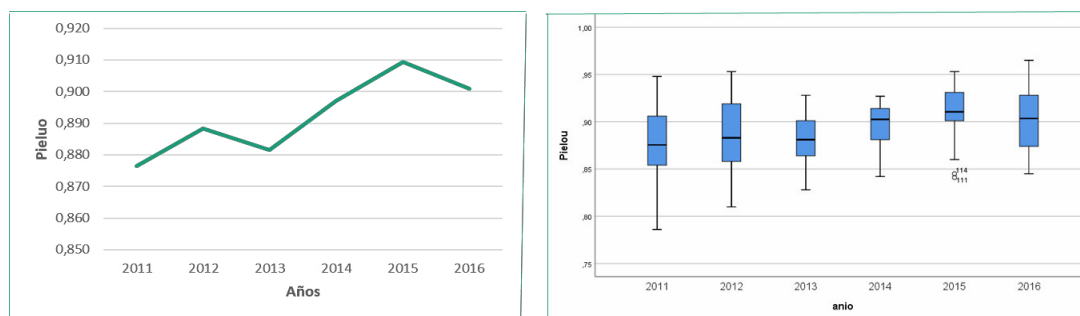


Figura 10: **Variabilidad anual del índice de diversidad de Pielou obtenido desde la data de la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016.** Fuente: (Elaboración propia).

Variabilidad espacio-temporal de los individuos de las especies arbóreas de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). En los resultados de la variabilidad espacio-temporal de los individuos de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) (Ver figura 11), existe una pérdida de 827 individuos (Ver anexo 10); la *Ochroma pyramidale*, en el 2011 presenta 308 individuos y para el año 2016 presenta solo 166, con una pérdida del 17,17 %, la razón de estos resultados se debe a que esta especie forestal y maderera posee gran demanda en el mercado internacional y su cosecha es en solo cuatro años de sembrada, Osorio, Cervantes, Torres, Sánchez y Simba,(2010), *Muntingia calabura* para el 2011 presenta 242 individuos y en el 2016 presenta 138 individuos, existiendo pérdida de 12,58% de individuos.

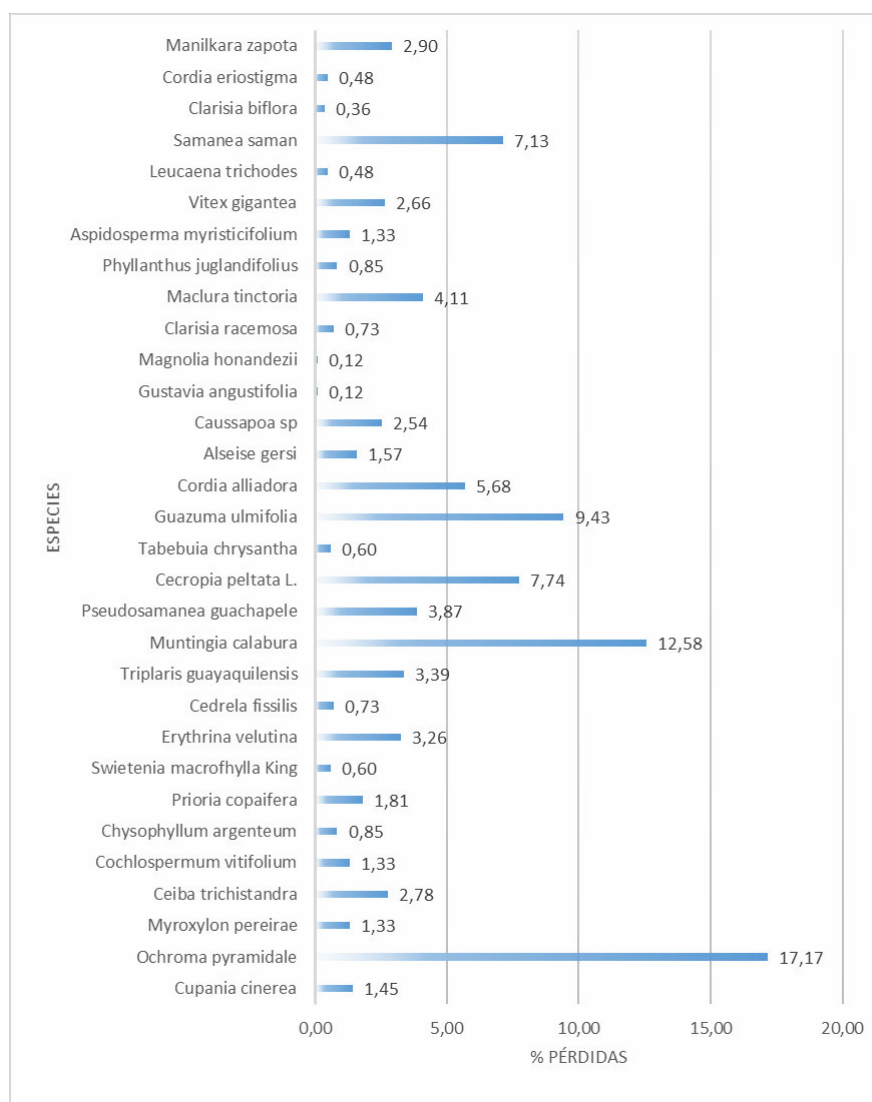


Figura 11: **Variabilidad temporal del número de individuos por especie (2011-2016).** Fuente. (Elaboración propia).

El periodo que existe mayor pérdida de individuos de las especies arbóreas es en el 2013-2014, con el 26,28 % seguido por el 2015-2016 correspondiente al 24,57 %, disminuyendo gradualmente en los siguientes periodos de tiempo en 20,31; 16,34 y 12,50 % respectivamente (ver figura 12), coincidiendo con Bojorges (citado por Delgado, 2018) que expone que la pérdida de individuos de especies y de masas de bosque se da principalmente a las actividades antropogénicas.

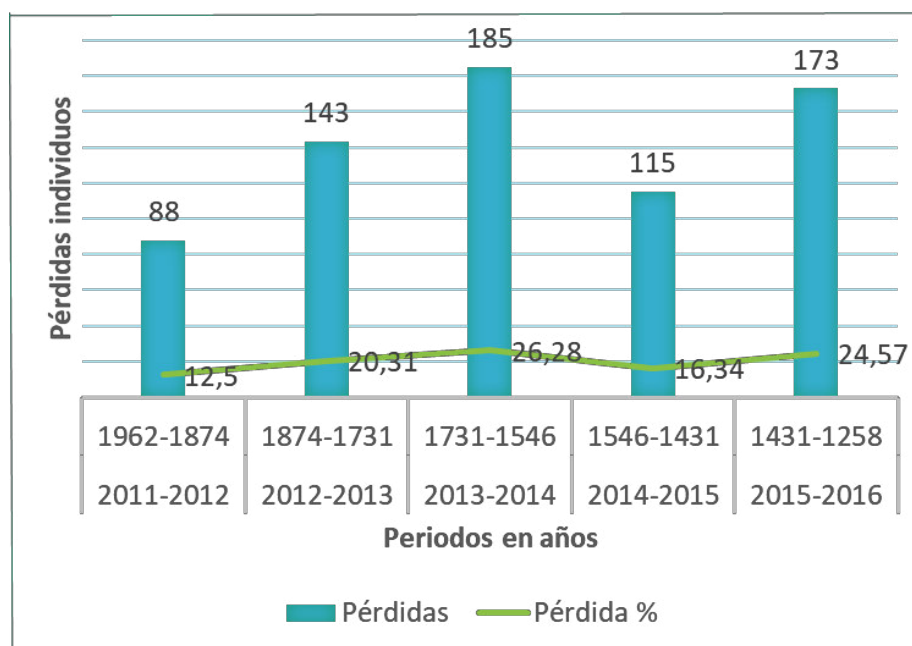


Figura 12: Variabilidad temporal de los individuos de especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal por periodos. Fuente. (Elaboración propia).

4.1.2. Estimación del stock de carbono de las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal en los años 2011-2016, poseen un stock de carbono de 225,734 tC/ha. Las especies arbóreas en el 2011 almacenan 227,300 tC/ha y aumentan su stock de carbono en el 2012 a 236,100 tC/ha; en los siguientes años (2013, 2014, 2015) mantienen su stock de carbono en un 223,100; 225,700 y 222,500 tC/ha respectivamente y en el año 2016 disminuye, pero levemente en 219,400 tC/ha. (ver cuadro 13) y (ver anexo 9a-9f).

Cuadro 13: Stock de carbono de biomasa aérea (Δ CBA) de las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca Carrizal (2011 -2016).

Nº	común	Especies	(t C/ha)					
			Δ CBA 2011	Δ CBA 2012	Δ CBA 2013	Δ CBA 2014	Δ CBA 2015	Δ CBA 2016
1	Achotillo	<i>Cupania cinerea</i>	0,036	0,037	0,047	0,062	0,069	0,071
2	Amarillo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0,534	0,708	1,03	2,075	2,371	2,972
3	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	32,886	36,608	39,68	36,881	30,513	27,688
4	Bálsamo	<i>Myroxylon pereirae</i>	0,461	0,428	0,284	0,111	0,065	0,074
5	Beldaco	<i>Ceiba trichistandra</i>	20,535	19,477	16,363	14,922	14,225	14,118
6	Bototillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	2,997	3,4	3,975	4,032	4,56	4,694
7	C.de hacha	<i>Machaerium millei</i>	0,398	0,456	0,688	1,172	1,227	1,747
8	Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	1,093	1,14	1,244	1,076	1,03	0,556
9	Cativo	<i>Prioria copaifera</i>	1,308	1,234	1,416	1,692	1,791	1,441
10	. de venado	<i>Cupania dentata</i>	0,403	0,436	0,786	1,282	1,543	2,393
11	Caoba	<i>Swietenia macrophylla King</i>	1,918	1,418	1,59	1,48	1,288	1,412
12	Caraca	<i>Erythrina velutina</i>	1,534	1,649	1,409	1,412	1,694	2,003
13	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	3,553	3,062	3,652	4,555	5,84	6,913
14	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	14,086	15,908	14,191	17,906	21,347	24,057
15	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	0,119	0,164	0,351	0,61	0,688	0,895
16	F. Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	17,487	19,531	21,371	24,066	25,575	25,798
17	Frutillo	<i>Muntingia calabura</i>	1,883	2,518	3,007	3,728	3,758	3,169
18	Guachapelí	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	4,342	4,576	3,681	4,421	4,273	4,369
19	Guarumo	<i>Cecropia peltata L.</i>	2,245	2,654	3,593	4,217	4,758	4,09
20	Guayacán	<i>tabebuia corysantha</i>	1,199	1,095	1,612	1,836	1,624	1,005
21	Guazmo	<i>Guazuma ulmofolia</i>	19,827	19,347	20,218	16,385	13,255	12,808
22	Jigua	<i>Ocotea Sp</i>	0,09	0,155	0,297	0,354	0,391	0,448
23	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	10,862	11,025	9,17	7,425	7,444	7,214
24	Lechero	<i>Sapium glandulosum</i>	0,238	0,396	0,459	0,635	0,798	1,07
25	L. de vaca	<i>Alseise gersi</i>	0,75	0,789	0,856	1,024	1,255	1,541
26	Matapalo	<i>Caussapoa sp</i>	2,968	3,568	3,504	3,039	1,776	0,743
27	Membrillo	<i>Gustavia angustifolia</i>	0,095	0,178	0,257	0,314	0,336	0,344
28	Molinillo	<i>Magnolia honandezii</i>	0,589	0,749	0,772	0,95	0,979	0,979
9	Moral bobo	<i>Clarisia racemosa</i>	5,199	7,249	5,814	6,271	5,459	6,079
30	Moral fino	<i>maclura tinctoria</i>	6,763	7,073	5,723	4,746	4,592	4,708
31	Mulato	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>	0,586	1,079	0,566	0,522	0,347	0,13
32	Naranjillo	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	1,968	2,222	1,923	1,833	2,107	2,033
33	Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>	4,79	5,154	4,17	2,954	1,247	1,427
34	Pela caballo	<i>Leucaena trichoder</i>	0,593	0,718	0,729	0,816	0,854	1,012
35	Samán	<i>Samanea saman</i>	59,469	55,893	45,351	47,582	50,337	46,139
36	S. de paloma	<i>Trema michranta</i>	0,041	0,08	0,157	0,345	0,497	0,66
37	Tillo	<i>Clarisia biflora</i>	1,171	1,407	1,34	1,664	1,815	2,071
38	Tutumbe	<i>Cordia eriostigma</i>	0,124	0,191	0,186	0,238	0,222	0,193
39	Zapotillo	<i>Manilkara zapota</i>	2,157	2,396	1,693	1,103	0,614	0,418
Total tC/ha/6 años			227,300	236,100	223,100	225,700	222,500	219,400
̄			225,734 tC/ha/año					
%			16,780	17,440	16,480	16,670	16,430	16,210

Fuente: (Elaboración propia).

Adicionalmente al cuadro de stock de carbono de biomasa aérea de las especies arbóreas, también se considera el diagrama de caja y bigote comparativo (ver figura 13). Este diagrama resalta que existe variabilidad en el stock de carbono en el año 2016, pues se evidencia que el valor central de la mediana es diferente a las de los años 2013 2014 y 2015, este se encuentra por fuera de la caja, se observa también un alejamiento del promedio máximo de los valores de stock de carbono en estos mismos años. La prueba de Kruskal-Wallis analizo que P valor es menor a 0,05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza. Lo que determina que existe variabilidad en el stock de carbono en la zona alta de la subcuenca del Carrizal en los seis años en estudio, (Ver anexo 18).

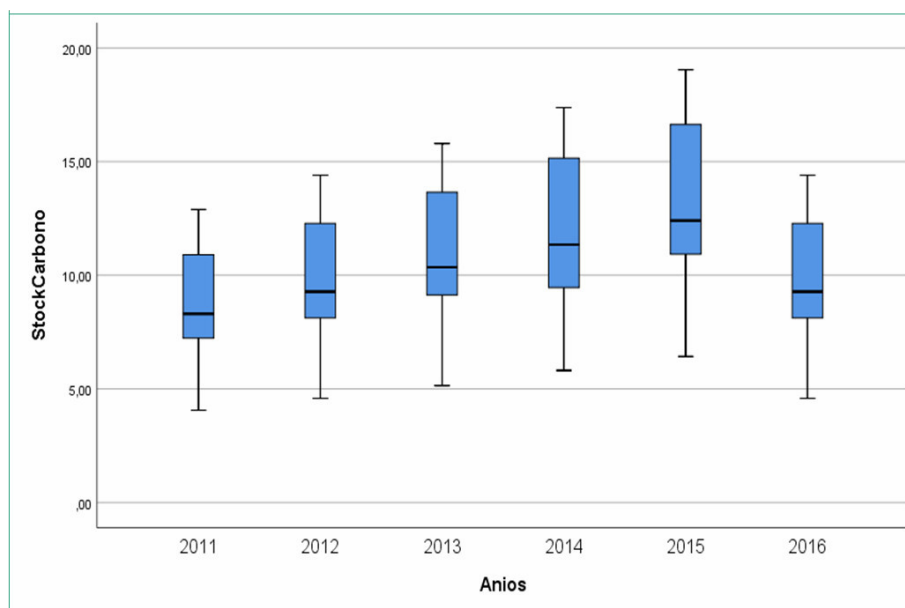


Figura 13: Variabilidad anual del stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal. (2011-2016). Fuente: (Elaboración propia).

En lo que respecta al stock de carbono por especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal en los años de estudio (ver figura 14), se refleja que la especie arbórea que tiene un stock de carbono mayor es *Samanea saman*, con 22,50% correspondiente a 50,795 tC/ha; seguida por *Ochroma pyramidale*, con el 15,08% con 34,043 tC/ha. El *Triplaris*

guayaquilensis con 9,88% con 22,305 tC/ha. *Cedrela fissilis* con 7,94% con 17,916 tC/has y *Guazuma ulmifolia* con 7,89% con 16,973.

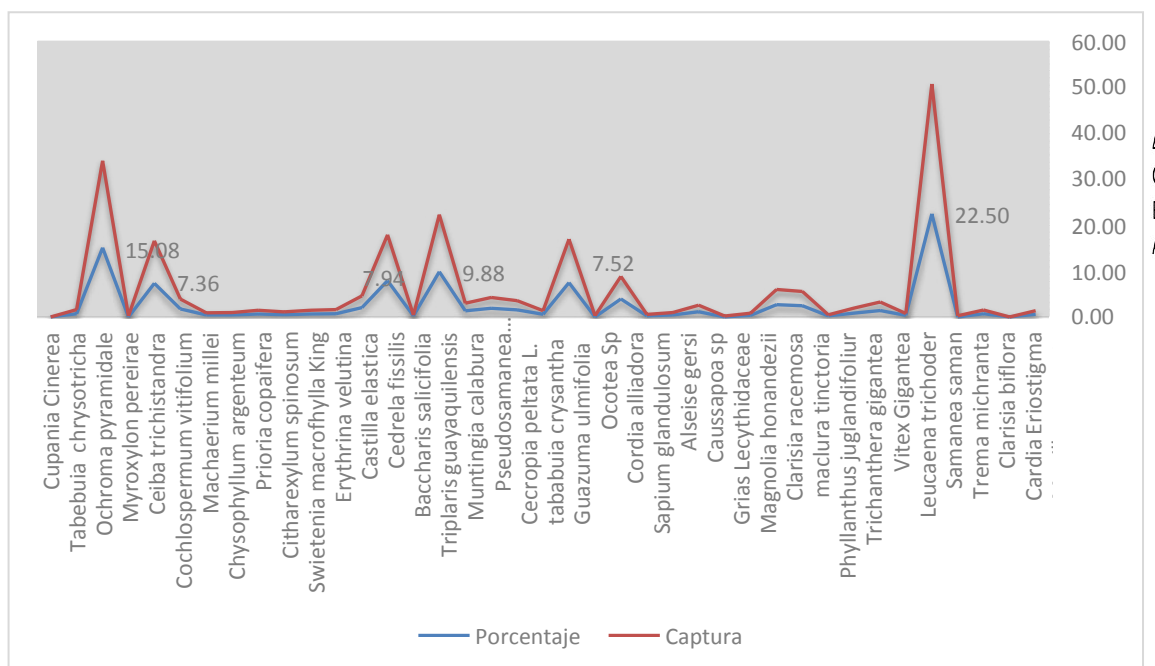


Figura 14: Stock de carbono por especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016). Fuente: (Elaboración propia).

La estimación del stock de carbono por familias en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, presenta que la Malvaceae es la familia que posee el mayor stock de carbono con 29,96% abarcando tres especies y 405 individuos (ver anexo 11); la Fabaceae con 26,64% con siete especies y 279 individuos; existen familias como la Polygonaceae con solo una especie y 112 individuos y posee 9,88 tC/ha (ver figura 15).

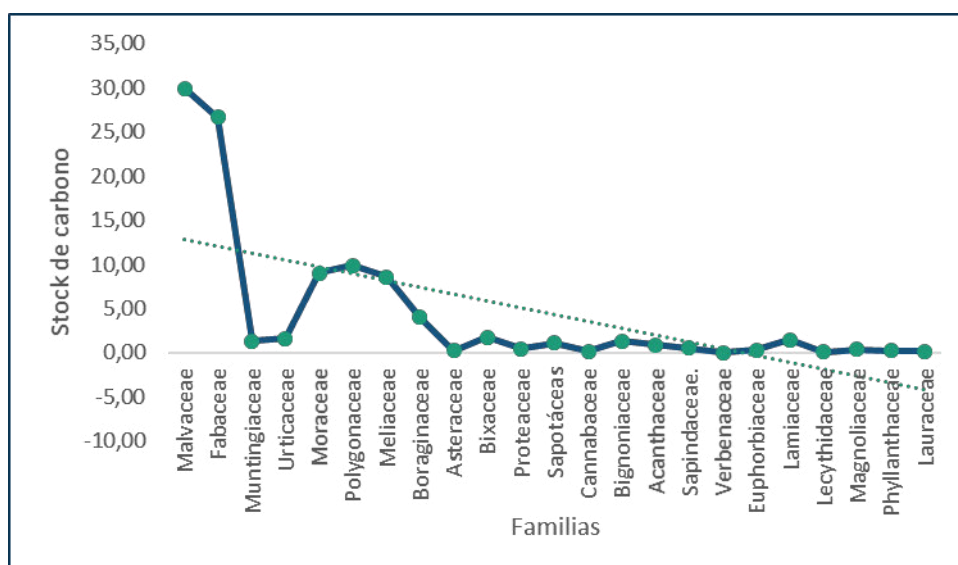


Figura 15: Porcentaje de stock de carbono por familias, considerando el número de individuos y de especies (2011-2016). Fuente: (Elaboración propia).

4.1.3. Relación de la Diversidad arbórea y el stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal 2011 a 2016.

Existe una débil relación entre la riqueza y el stock de carbono de 0,238 (ver figura 16). Lo que indica que la presencia de las especies no influye en el almacenamiento del stock de carbono. En el análisis del número efectivo de las 39 especies identificadas en la sub-cuenca del Carrizal tienen un stock de carbono de 225,734 (tC/ha.) y solo cuatro especies almacenan el 55,401% correspondiente 125,059 (tC/ha.). Las especies arbóreas que almacenan más carbono son *Samanea saman* 22,562 % correspondiente a 50,795(tC/ha.); *Ochroma pyramidale* 15,081% con 34,043 (tC/ha.); *Triplaris guayaquilensis* 9,881% correspondiente a 22,305 (tC/ha.); *Cedrela fissilis* 7,937% con 17,916 (tC/ha.) (ver cuadro 11).

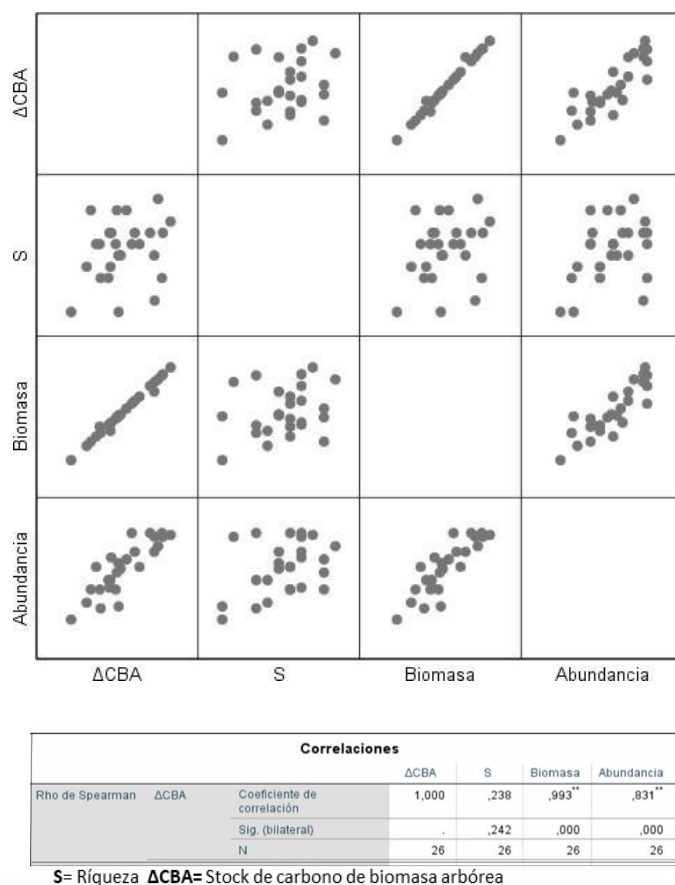


Figura 16. Relación entre stock de carbono y riqueza, diferenciación morfológica (biomasa) y abundancia. Fuente: (Elaboración propia).

Entre la diferenciación morfológica (Biomasa) y stock de carbono existe una relación lineal fuerte de 0,993, a medida que una variable aumenta, la otra variable también (ver figura 16). En el análisis de los resultados del número efectivo del stock de carbono aumenta en dependencia de la biomasa arbórea, como es el caso *Samanea saman* que posee una biomasa arbórea de 3193,929 Kg que representa 50,795 (tC/ha.); y especies como *Cupania cinerea* con una biomasa arbórea de 16,274Kg y un stock de carbono en 0,054 (tC/ha. La biomasa arbórea incide fuertemente en el stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.

La variable abundancia y stock de carbono presentó similar tendencia a la diferenciación morfológica (biomasa) la relación fue significativa de 0,831. El coeficiente de correlación (figura 16), indicó que la abundancia relativa tiene una correlación lineal directa fuerte con el stock de carbono. Las diferentes

especies identificadas en la sub-cuenca del Carrizal no son similares en cuanto a su abundancia relativa, existen especies que poseen una abundancia del 15,543% como es el caso de *Ochroma pyramidale* que almacena 34,043 tC/ha/año, y también existen especies como *Samanea saman* que poseen 5,161% de abundancia y almacenan 50,795tC/ha/año, cuatro veces más que *Ochroma pyramidale*, lo que significa que el aumento de la stock de carbono está directamente relacionada con el número de individuos atendiendo al tipo de especie y su diferenciación morfológica en el área de estudio. Lo expuesto coincide con López, et al. (2016) que expresan que el mayor almacén de carbono en las plantaciones de la especie arbórea *Hevea brasiliensis* está relacionado con la mayor biomasa y el número de individuos.

Índice de calidad ambiental por stock de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal. Una vez conocida que la relación lineal que define el mayor stock de carbono es la diferenciación morfológica (biomasa), es decir que a medida que aumenta la diferenciación morfológica (biomasa) aumenta el stock de carbono.

Al analizar los resultados del stock de carbono por especie (ver cuadro 14). Se observa que la especie arbórea referencial es la *Samanea Saman* con un stock de carbono 0,595 tC/ha, al relacionarla con las otras 38 especies identificadas en la zona alta de la sub-cuenca Carrizal se observa que la especie arbórea que necesita más individuos para ser equivalente en el stock de carbono a la especie referencial es *Cupania cinerea* en un número de 209 individuos, seguida por *Baccharis salicifolia*, con 61 individuos, existen otras especies como *Ceiba trichistandra* y *Clarisia racemosa* que necesitan 1y 2 individuos para igualar a la especie referencial respectivamente.

Cuadro 14: Índice ambiental de stock de carbono para las especies arbóreas de la zona alta de la sub-cuenca Carrizal.

Nº Sp	Nombre común	Nombre científico	ΔCBA*	ΔCBA1**	IASC
1	Achotillo	<i>Cupania cinerea</i>	0,054	0,003	209
2	Amarillo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	1,615	0,124	5
3	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	34,043	0,133	5
4	Bálsamo	<i>Myroxylon pereirae</i>	0,237	0,044	13
5	Beldaco	<i>Ceiba trichistandra</i>	16,607	0,493	1
6	Bototillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	3,943	0,098	6
7	Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>	0,948	0,074	8
8	Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	1,023	0,140	4
9	Cativo	<i>Prioria copaifera</i>	1,48	0,074	8
10	Canilla de venado	<i>Cupania dentata</i>	1,141	0,061	10
11	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	1,517	0,268	2
12	Caraca	<i>Erythrina velutina</i>	1,617	0,052	12
13	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	4,596	0,206	3
14	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	17,916	0,291	2
15	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	0,471	0,010	61
16	Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	22,305	0,199	3
17	Frutillo	<i>Muntingia calabura</i>	3,01	0,014	42
18	Guachapelí	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	4,277	0,084	7
19	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.	3,593	0,025	24
20	Guayacán	<i>tabebuia crysantha</i>	1,395	0,186	3
21	Guazmo	<i>Guazuma ulmofolia</i>	16,973	0,148	4
22	Jigua	<i>Ocotea</i> Sp	0,289	0,069	9
23	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	8,857	0,171	4
24	Lechero	<i>Sapium glandulosum</i>	0,599	0,036	17
25	Lengua de vaca	<i>Alseise gersi</i>	1,036	0,027	22
26	Matapalo	<i>Caussapoa</i> sp	2,6	0,161	4
27	Membrillo	<i>Gustavia angustifolia</i>	0,254	0,018	33
28	Molinillo	<i>Magnolia honandezii</i>	0,836	0,082	7
29	Moral bobo	<i>Clarisia racemosa</i>	6,012	0,376	2
30	Moral fino	<i>maclura tinctoria</i>	5,601	0,128	5
31	Mulato	<i>Phyllanthus juglandifoliur</i>	0,538	0,090	7
32	Naranjillo	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	2,014	0,105	6
33	Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>	3,29	0,210	3
34	Pela caballo	<i>Leucaena trichodes</i>	0,787	0,056	11
35	Samá	<i>Samanea saman</i>	50,795	0,595	1
36	Sapan de paloma	<i>Trema micrantha</i>	0,297	0,013	45
37	Tillo	<i>Clarisia biflora</i>	1,578	0,097	6
38	Tutumbe	<i>Cordia eriostigma</i>	0,193	0,021	29
39	Zapotillo	<i>Manilkara zapota</i>	1,397	0,094	6
S	Total		225,734	5,078	.

ΔCBA*= Stock de carbono para el número de individuos de las especies identificados en área de estudio

ΔCBA1**= Stock de carbono para un individuo de las especies identificadas en el área de estudio

ΔCBASpRef***= Stock de carbono de la especie referencial

Fuente. (Elaboración propia).

Se observa gráficamente en el diagrama de cajas y bigotes que a partir de la mediana en el 50% inferior existe menos variabilidad en el stock de carbono de biomasa arbórea para un individuo de las especies arbóreas identificadas y en el otro 50% superior se aprecia que destacan tres especies, la # 29 correspondiente a *Clarisia racemosa* con 0,336 de ΔCBA1 , la especie # 5 *Ceiba trichistandra* con 0,493 de ΔCBA1 y la que más almacena carbón es la # 35 *Samanea saman* con un valor máximo de 0,595 (ver figura 17) que por su valor en almacenamiento de carbono se la define como la especie referencial. Se registra también un valor mínimo de 0,03, una desviación de 129,065 y una varianza de 0,17 (ver cuadro 15).

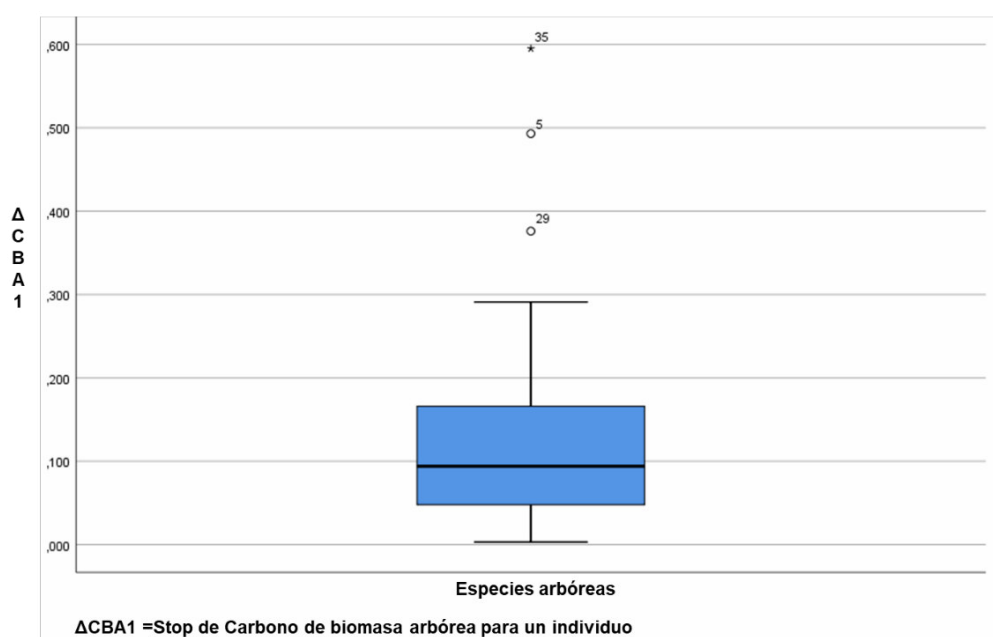


Figura 17. Diagrama de cajas y bigotes de stock de carbono de la biomasa aérea para un individuo (ΔCBA1) de las especies identificadas en la zona alta de la subcuenca del Carrizal: (Elaboración propia).

Cuadro 15: Estadísticos descriptivos del stock de carbono de biomasa arbórea para un individuo (Δ CBA1) de las especies arbóreas identificadas en la zona alta de la sub-cuenca Carrizal (2011-2016).

DESCRIPCIÓN	ESPECIES	Δ CBA1
N	39	
Rango		,592
Mínimo		0,03
Máximo		,595
Media		,13015
Desviación		,129065
Varianza		,017

Δ CBA1= Stock de carbono para un individuo de las especies identificadas

Escala de valoración del índice ambiental del stock de carbono para un individuo (Δ CBA1). En el Cuadro 16 se evidencia que el 56% de las especies arbóreas identificadas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal se encuentran en la escala baja y le corresponde al stock de carbono para un individuo entre $[0,003-0,101>$; el 23% de las especies se encuentran en la escala baja (+) con $[0,101-0,199>$ de stock de carbono para un individuo, el 12% de las especies arbóreas se encuentra en la escala medio con $[0,199-0,297>$ stock de carbono para un individuo; la escala medio (+), alto y alto (+) le corresponde a cada una 3% con un stock de carbono para un individuo de las especies arbóreas identificadas de $[0,297-0,395>$; $[0,395-0,493>$ y $[0,493-0,6>$ respectivamente. (ver Cuadro 17).

Cuadro 16: Escala de valoración (cuantitativa y cualitativa) del índice ambiental del stock de carbono para bosque tropical natural.

CUANTITATIVA	CUALITATIVA
$[0,003-0,101>$	Bajo
$[0,101-0,199>$	Bajo (+)
$[0,199-0,297>$	Medio
$[0,297-0,395>$	Medio (+)
$[0,395-0,493>$	Alto
$[0,493-0,6]$	Alto(+)

Fuente. (Elaboración propia).

Cuadro 17: Porcentaje de las especies arbóreas identificadas en la sub-cuenca del Carrizal, mediante la escala de valoración cuantitativa y cualitativa para un individuo (ΔCBA1).

Nº	Nombre común	Nombre científico	ΔCBA1	Escala de Valoración %
1	Achotillo	<i>Cupania cinerea</i>	0,003	56%
2	Bálsamo	<i>Myroxylon pereirae</i>	0,044	
3	Bototillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	0,098	
4	Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>	0,074	
5	Cativo	<i>Prioria copaifera</i>	0,074	
6	Canilla de venado	<i>Cupania dentata</i>	0,061	
7	Caraca	<i>Erythrina velutina</i>	0,052	
8	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	0,010	
9	Frutillo	<i>Muntingia calabura</i>	0,014	
10	Guachapelí	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	0,084	
11	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.	0,025	
12	Jigua	<i>Ocotea Sp</i>	0,069	
13	Lechero	<i>Sapium glandulosum</i>	0,036	
14	Lengua de vaca	<i>Alseise gersi</i>	0,027	
15	Membrillo	<i>Gustavia angustifolia</i>	0,018	
16	Molinillo	<i>Magnolia honandezii</i>	0,082	
17	Mulato	<i>Phyllanthus juglandifolium</i>	0,090	
18	Pela caballo	<i>Leucaena trichodes</i>	0,056	
19	Sapan de paloma	<i>Trema micrantha</i>	0,013	
20	Tillo	<i>Clarisia biflora</i>	0,097	
21	Tutumbe	<i>Cordia eriostigma</i>	0,021	
22	Zapotillo	<i>Manilkara zapota</i>	0,094	
23	Amarillo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0,124	23%
24	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	0,133	
25	Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	0,140	
26	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	0,186	
27	Guasmo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,148	
28	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	0,171	
29	Matapalo	<i>Caussapoa sp</i>	0,161	
30	Moral fino	<i>Maclura tinctoria</i>	0,128	
31	Naranjillo	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	0,105	
32	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	0,268	12%
33	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	0,206	
34	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	0,291	
35	Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	0,199	
36	Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>	0,210	
37	Moral bobo	<i>Clarisia racemosa</i>	0,376	3%
38	Beldaco	<i>Ceiba trichistandra</i>	0,493	3%
39	Saman	<i>Samanea saman</i>	0,595	3%

Fuente. (Elaboración propia).

En el cuadro 18 se reconoce que el peso ecológico de *Ochroma pyramidale* es de 23,87; *Muntingia calabura* 18,27; *Samanea saman* 19,08; *Ceiba trichistandra* 15,02; *Guazuma ulmifolia* 15,83. Por los valores de importancia definidos se establece que en la formación vegetal del área juega un rol importante en el ecosistema *Samanea saman* con un Peso ecológico de 19,08; al ser la especie que más stock de carbono posee, reúne las características para ser considerada como especie referencial para el stock de carbono.

Cuadro 18: Peso ecológico de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

N°	Especies	Frecuencia Relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	Peso ecológico
1	<i>Cupania cinerea</i>	2,42	1,13	0,25	3,79
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	1,92	0,67	2,16	4,75
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	4,79	15,88	3,20	23,87
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	1,64	0,37	1,21	3,23
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	2,98	2,08	9,96	15,02
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	3,40	2,41	1,69	7,50
7	<i>Machaerium millei</i>	1,65	0,66	1,75	4,06
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	1,12	0,47	3,05	4,64
9	<i>Prioria copaifera</i>	2,47	1,23	1,31	5,01
10	<i>Cupania dentata</i>	2,37	0,92	1,36	4,65
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	1,00	0,34	4,58	5,92
12	<i>Erythrina velutina</i>	2,69	1,94	0,99	5,61
13	<i>Castilla elastica</i>	2,25	1,20	4,44	7,89
14	<i>Cedrela fissilis</i>	3,83	3,59	3,24	10,66
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	3,38	2,54	0,39	6,31
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	4,63	6,68	2,94	14,25
17	<i>Muntingia calabura</i>	4,75	13,05	0,47	18,27
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	3,32	3,14	3,13	9,59
19	<i>Cecropia peltata</i> L.	4,60	8,71	0,64	13,96
20	<i>Tabebuia chrysantha</i>	1,19	0,46	3,73	5,38
21	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4,53	7,11	4,19	15,83
22	<i>Ocotea</i> Sp	0,80	0,23	1,36	2,39
23	<i>Cordia alliodora</i>	3,68	3,27	3,90	10,85
24	<i>Sapium glandulosum</i>	2,06	0,93	0,87	3,86
25	<i>Alseise gersi</i>	3,54	2,21	0,57	6,31
26	<i>Caussapoa</i> sp	1,85	1,11	2,82	5,79
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	1,86	0,85	0,42	3,14
28	<i>Magnolia honandezii</i>	1,17	0,61	2,90	4,67
9	<i>Clarisia racemosa</i>	2,19	1,00	3,96	7,16
30	<i>Maclura tinctoria</i>	3,47	2,75	3,78	10,01
31	<i>Phyllanthus juglandifolium</i>	0,83	0,44	2,79	4,07
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	2,32	1,19	2,40	5,91
33	<i>Vitex gigantea</i>	1,94	1,06	3,73	6,73
34	<i>Leucaena trichodes</i>	1,92	0,85	1,27	4,04
35	<i>Samanea saman</i>	4,21	5,24	9,62	19,08
36	<i>Trema micrantha</i>	2,01	1,10	0,43	3,55
37	<i>Clarisia biflora</i>	2,02	0,98	1,53	4,52
38	<i>Cordia eriostigma</i>	1,41	0,59	0,68	2,68
39	<i>Manilkara zapota</i>	1,76	1,03	2,30	5,10
Totales		100,00	100,00	100,00	300,00

Fuente. (Elaboración propia).

Algoritmo para aplicar el índice ambiental del stock de carbono en función de la diversidad arbórea en bosques tropicales.

1. Delimitar el área de estudio donde se va a realizar la investigación mediante la elaboración de un mapa de vegetación y uso del suelo.
2. Establecer el tipo, tamaño de la muestra.
3. Identificar, inventariar y evaluar la diversidad arbórea según Riqueza (S), Abundancia (Ab) e Importancia familiar (IF).
4. Identificar las especies con mayor peso ecológico, aplicando el índice de valor de importancia.
5. Estimar el stock de carbono de las especies arbóreas identificadas en tC/ha.
6. Considerar el stock de carbono de biomasa aérea para un individuo de las especies identificadas ($\Delta CBA1$).
7. Seleccionar la especie referencial ($\Delta CBASpRef$) del stock de carbono de biomasa aérea para un individuo considerando la especie que mayor almacenamiento de carbono tenga.
8. Obtener el IASC de las otras especies identificadas en el inventario de stock de carbono para un individuo, mediante la siguiente ecuación:

$$IASC = \frac{\Delta CBASpRef}{\Delta CBASps \dots}$$

9. Determinar Comparar los resultados con la escala del stock de carbono de biomasa aérea para un individuo

4.2. Discusión de resultados.

Diversidad arbórea. - En la sub-cuenca del Carrizal en los seis años de estudio la diversidad arbórea, según índice de Shannon, es de 2,6, correspondiéndole según escala del autor a una diversidad baja (+), coincidiendo con lo investigado por Mera y Del Pino (2012), donde exponen que la diversidad según el índice de Shannon oscila entre 2,7 y 3,41 considerando de forma general a la diversidad de árboles y arbustos presente en esa parte de la sub-cuenca del Carrizal como media. Los valores de dominancia según escala de Simpson es Alta (+) con un valor de 0,906, donde las especies sobresalientes son *Ochroma pyramidale* con 15,54%, seguida por *Muntingia calabura* con 12,81%, *Cecropia peltata* con 8,62%, al respecto las mismas autoras Mera y Del Pino (2012) exponen que la balsa (*Ochroma pyramidale*) en su investigación fue la especie más abundante con el 25%, seguida de frutillo (10%), Fernán Sánchez (9%), evidenciándose mediante comparación que ha existido variabilidad en los porcentajes de los individuos de las especies arbóreas, encabezada por Balsa, la razón de estos resultados según Osorio, et, al (2010) se debe a que esta especie forestal y maderera posee gran demanda en el mercado nacional e internacional y su cosecha es en solo cuatro años de sembrada. Esta variabilidad se ajusta a lo expuesto por Duran. et al, (2001) que exponen que las actividades antrópicas son consideradas las causas principales del aumento en los niveles de desertificación, deforestación, fragmentación del hábitat y pérdida de biodiversidad. Esto se aplica particularmente a las regiones tropicales, donde predomina un patrón acelerado de cambio en las coberturas forestales, que va de condiciones predominantemente naturales a otras donde prevalece la influencia antrópica.

En lo que concierne a las familias de las especies arbóreas en esta investigación se identificaron en un número de tres 23 siendo las dominantes la Fabaceae con 30% determinado la estructura y estatus de este ecosistema, Alvis, (2009) en su estudio análisis estructural de un bosque natural localizado en una zona tropical, encontró que entre las

familias más dominantes esta la familia **Fabaceae** con el 22,87 %, observándose un alto porcentaje de dominancia de esta familia en estos tipos de Bosques tropicales naturales. El [Centro de Rehabilitación de Manabí (CRM 2007)], reporta en la misma microcuenca 27 familias encontradas en una evaluación ecológica rápida vía registros directos, cuatro familias más que las encontradas en esta investigación. López, *et al.*, (2017) expone que las características de las familias es un indicador adecuado de la biodiversidad, pues son los elementos más relevantes de la estructura del ecosistema, determinando así la estructura arbórea y el estatus de un ecosistema lo que indicaría que el bosque de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal está perdiendo sus características naturales.

Stock de carbono. Las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal en los años 2011-2016, poseen un promedio de stock de carbono de biomasa aérea de 225,734 tC/ha. En Ecuador y explícitamente en Manabí existen insuficientes estudios sobre el stock de carbono en bosques tropicales naturales. Sin embargo, (Brown y Lugo, 1992) expone que, en los trópicos, el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 tC/ha en Bosques naturales considerando 225,734 tC/ha alto para bosques tropicales. Otra investigación realizada por López, *et al.* (2001), donde se estima el carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente del Ecuador; los resultados variaron entre 112 t/ha a 199t/ha en áreas de precipitación de 1000 a 2500mm y de 86 t/ha a 291 t/ha de carbono en zonas con precipitación mayor a 2500mm. Dossantos (2014) justifica estos resultados a la variación del tipo de bosque, densidad de la madera, de las especies presentes y de las condiciones climáticas. Lazo, (2014), en el estudio realizado en Honduras, en 17 parcelas permanentes de muestro establecidas en el año 2011, ubicadas en diferentes sectores del área de La Reserva de Biosfera y Valle de Sico Paulaya, se encontró que la formación vegetal almacena carbono de 168 tC/ha, inferior al estimado en la investigación. Maldonado (2012) realizó investigación en un área que comprende el bosque de la comunidad de infierno–Perú. Las parcelas

evaluadas en el inventario de carbono fueron un total de 67, de las cuales 50 fueron muestreadas en áreas de cobertura boscosa y 17 en bosque secundario. Se realizó la estimación del carbono almacenado para el reservorio aéreo. Se pudo determinar que el bosque de área natural almacena el mayor alto contenido de carbono en Tn/ha ante los demás tipos de bosque, con un total del 110 TC/ha correspondiente a, con un valor inferior al de esta investigación.

El stock de carbono en los seis años de estudio ha disminuido en los años de estudio 2011 y 2016. La tendencia normal debería ser el aumento del stock de carbono, debido al crecimiento de las especies arbóreas, pero por pérdida de los individuos de las especies por actividades de tala, expansión de la frontera agropecuaria, siembra de pastos cultivados en la sub-cuenca Carrizal este disminuyó. Cuéllar, Daniel y Larrea (2016) en sus resultados muestran un incremento de la pérdida anual de bosque durante el periodo 2010-2013 que significó la pérdida del < 1% del almacenamiento de carbono existente.

4.3. Prueba de Hipótesis

Hipótesis de investigación 1

La diversidad arbórea tiene alta dominancia y baja diversidad en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016), en referencia a la escala del índice de Simpson (0,7-0,9).

Análisis estadístico

Ho: El promedio de dominancia (2011-2016) de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal es menor a 0,7.

H1: El promedio de dominancia (2011-2016) de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal es mayor a 0,7.

Ho: promedio \leq 0,7

H1: promedio $>$ 0,7

Cuadro 19: Prueba de normalidad de datos con test de Shapiro-Wilk al promedio (2011-2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.

Shapiro-Wilk W. Test for normal data					
Variable	Obs.	w	V	Z	Prob. > Z
Simpson	26	0.98493	0.431	-1.725	0.95770

Fuente. (Elaboración propia).

Como P Valor es 0.95770 es superior a 0,05 se acepta la hipótesis nula con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, los datos de al promedio (2011- 2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, tienen un comportamiento de distribución normal.

Cuadro 20: Prueba de hipótesis con T student al promedio (2011-2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.

One -sample t test					
Variable	Obs.	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95%Con. Interval]
Simpson	26	.906	.0018721	.0095457	.9021444 .9098556
t= 1.100.391					
Ho. Mean=0.7		Degrees of freedom= 25			
Ha: mean < 0.7		Ha:mean= 0.7		Ha: mean > 0.7	
Pr (T < t) = 1. 0000		Pr (T > t) = 0.0000		Pr (T > t) = 0.0000	

Fuente. (Elaboración propia).

Como P Valor es 0.0000, inferior a 0,05 se rechaza la hipótesis nula con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, el promedio de la dominancia (2011- 2016) de la diversidad arbórea es alta según la escala de Simpson y por lo tanto la diversidad es baja, en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.

Hipótesis de investigación 2

El stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) es alto, en referencia al carbono de sumideros superficial de los Bosques tropicales naturales que se encuentra entre 60-230 tC/ha.

Análisis estadístico

Ho: El stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub- cuenca del Carrizal (2011-2016) es menor a 60

H1: El stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub- cuenca del Carrizal (2011-2016) es mayor a 60

Ho: promedio ≤ 60

H1: promedio > 60

Cuadro 21: Prueba de normalidad de datos con test de Shapiro-Wilk W. al stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub- cuenca del Carrizal (2011-2016).

Shapiro-Wilk W. Test for normal data					
Variable	Obs.	w	V	Z	Prob >Z
Stock Carbono	6	0.90327	1.198	0.270	0.39363

Fuente. (Elaboración propia)

Como P Valor es 0.39363, superior a 0,05 se acepta la hipótesis nula con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, los datos de al promedio (2011- 2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, tienen un comportamiento de distribución normal.

Cuadro 22: Prueba de hipótesis con T student al promedio (al stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

One -sample t test					
Variable	Obs.	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95%Con. Interval]
Simpson	6	225.7337	2.360041	5.780896	219.667 231.8003
Ho. Mean=60		t= 70.2249 Degrees of freedom= 5			
Ha: mean < 60		Ha:mean= 60		Ha: mean > 60	
Pr (T < t) = 1.0000		Pr (T > t) = 0.0000		Pr (T > t) = 0.0000	

Fuente. (Elaboración propia).

Como P Valor es 0.0000, inferior a 0,05 se rechaza la hipótesis nula con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, el stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011- 2016) es mayor a 60, en referencia al carbono de sumideros superficial

de los Bosques tropicales naturales que se encuentra entre 60-230 tC/ha.

Hipótesis de investigación 3

Entre el promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) existe una correlación fuerte.

Análisis estadístico

Ho: Entre el promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) no existe una correlación fuerte.

H1: Entre el promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) existe una correlación fuerte.

Ho: No existe correlación

H1: Existe correlación

Cuadro 23: Prueba de normalidad de datos con test de Shapiro-Wilk W. al promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Shapiro-Wilk W. Test for normal data					
Variable	Obs.	w	V	Z	Prob >Z
SCBA	26	0.96646	0.959	- 0.085	0.53405
Diferenciación Morfológica (Biomasa)	26	0.97354	0.757	- 0.572	0.71621

Fuente. (Elaboración propia).

Como P Valor es 0.53405, superior a 0,05 se acepta la hipótesis nula

con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, los datos de al promedio (2011- 2016) de la diversidad arbórea en la en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, tienen un comportamiento de distribución normal.

Cuadro 24: Correlación lineal con Coeficiente de Pearson al promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016).

Correlación Pearson	
	SCBA
Diferenciación Morfológica (Biomasa)	*0,9942
Sig. Bilateral	.0000

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente. (Elaboración propia).

Como P Valor es 0.0000, inferior a 0,05 se rechaza la hipótesis nula con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, Entre el promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) existe una correlación fuerte.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten hacer las siguientes conclusiones:

En la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal en los seis años de estudio, existe una diversidad arbórea baja (+) y una dominancia alta (+) reflejada en 39 especies arbóreas, 35 géneros, 23 familias y 1647 individuos identificados. Las familias que determinan la estructura arbórea y el estatus del bosque tropical natural son la Fabaceae con 30%. Las especies con más pérdidas de individuos son *Ochroma pyramidale* y *Muntingia calabura*, debido a actividades antropogénicas de tala.

En la zona alta de sub-cuenca del río Carrizal en los seis años de estudio (2011-2016) se registra una media de 225,734 tC/ha, valor considerado alto para biomasa aérea en bosques tropicales. Las especies arbóreas que más almacenan carbono son: *Samanea saman*, *Ochroma pyramidale* y *Triplaris guayaquilensis*.

Existe una relación directamente fuerte entre el stock de carbono y la biomasa de 0,994 y con la abundancia de 0,857 lo que significa que el aumento del stock de carbono está directamente relacionado con el número de individuos atendiendo principalmente a la biomasa.

Samanea Saman es la especie arbórea que más almacena carbono 0,595 tC/Ind/ha y juega un rol importante en la conservación del bosque tropical natural con un peso ecológico de 19, reúne las características para ser considerada como especie referencial del índice ambiental de stock de carbono.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones permiten hacer las siguientes recomendaciones:

Utilizar el análisis de números efectivos del inventario de diversidad arbórea debido que la evaluación con los índices de diversidad de especies (Shannon, Simpson y Pielou) en la conservación de bosques naturales ofrecen resultados fríos, de difícil comprensión y comparación, que no permiten conocer la cantidad de biodiversidad que se pierde o se gana como resultado de la alteración. Se recomienda su aplicación especialmente cuando los valores obtenidos son un referente para proponer acciones de manejo de recursos o establecer estrategias de conservación como es el caso del índice de calidad ambiental de stock carbono (IASC) propuesto.

Lograr concienciar a los habitantes de las zonas altas de las cuencas hidrográficas sobre la importancia y servicios ambientales de las especies forestales en los procesos de recarga hídrica, stock de carbono y las consecuencias de su desaparición, a través de las instituciones del Ecuador involucradas en el proceso de conservación y protección de áreas protegidas, Ministerios de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Ministerio Ambiental del Ecuador (MAE).

Realizar estimación del almacenamiento de carbono, con otros componentes del bosque (biomasa en raíces, necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta, carbono en la materia orgánica del suelo); debido a que estos componentes también tienen gran capacidad de captar y almacenar carbono.

Ejecutar un plan de manejo forestal y plan de reforestación de las especies arbóreas naturales de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, considerando criterios como riesgo, conservación y stock de carbono.

Implementar sistemas de monitoreo de carbono como parte de los proyectos que buscan recibir financiamiento para aumentar el stock de carbono o reducir la tasa de emisiones de dióxido de carbono.

Elaborar base datos periódicas que permitan el conocimiento y la toma de decisiones oportunas en torno al almacenamiento del carbono y la diversidad arbórea (instituciones del estado, entes reguladores, decisores, academia y demás organizaciones involucradas).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayán. Facultad de Ciencias Agropecuarias, grupo de investigación Tull. Universidad del Cauca. Vol. 7. N°1.

Achard, F. Eva, H. Stibig, H. Mayaux, P. Gallego, J. Richards, T. & Malingreau, J. (2002). Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. Science. 297(5583), 999-1002.

Aristizábal, H. (2010). Biodiversidad. Consultado el 9 de noviembre 2017. es.slideshare.net/llica/biodiversidad-4874982.

Antolín, M. (2010). La gestión sostenible del Planeta Tierra en “Ciencias del Mundo Contemporáneo. Reflexiones sobre los contenidos de las ciencias y sobre nuestra forma de vida”. Colección: Educación. Publicacions Universitat Valencia (PUV) 218pp. ISBN 978-84-370-7695- 9.

Ayala, L. Villa, M. Mendoza, Z. Mendoza, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. Vol. 4, No. 1, pp 45.

Barahona, M. & Tapia, R. (2010). Calidad y Tratabilidad de aguas provenientes de ríos de llanura y embalses eutrofizados, caso de estudio: Carrizal – Chone La Esperanza. Sangolquí-Quito: ESPE.

Benítez, B. Pulido, S. & Equihua, Z. (2004). Árboles multiusos nativos de

Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C., Sistema de Investigación del Golfo de México. Comisión Nacional Forestal. México: Xalapa.

Bert, D. (2005). La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. (G. I. Climático, Ed.) ISBN 92-9169-319-7: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Brown, S. & Lugo, E. (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restorat. Ecol.* 2.: 97-111.

Brown, S.; Lugo, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon *Interciencia*. Caracas 17(1): 8-18.

Cabrea, P. & Troya, A. (2007). Restauración ecológica vs. restauración de capital natural.

Campo, A. & Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. *Parque Nacional Lihué Calel* (Argentina). vol. 34, núm. 2 25-42. ISSN: 0211-9803.

Calvo, F. & López, F. (2007). Biodiversidad contribución a su conocimiento y conservación en la región de Murcia. Instituto del agua y medio ambiente. Murcia España.

Cansino, J. (2012). Dendrometría básica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente, <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/407>

Cargua, F. Rodríguez, M. Recalde, C. & Vinuesa, L. (2014). Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Inf. tecnol.* vol.25 no.3 La Serena 2014.

Castellanos, E. Alma, Q. & Mato, R. (2010). Metodología para la estimación del contenido de carbono en bosques y sistemas agroforestales en Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala (Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad), 1-31.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2001). Conceptos, enfoques y estrategias para el manejo de cuencas hidrográficas. Managua, NI. Proyecto FOCUENCAS (Fortalecimiento de la Capacidad Local en Manejo de Cuencas y Prevención de Desastres p.16. (Autor).

Cayuela, L. (2006). Deforestación y Fragmentación de bosques tropicales montanos en los altos de Chapas México. Efectos sobre la diversidad de árboles. Madrid. ESPAÑA. Revista Ecosistemas. Vol. 15. N°. 3. pp. 191-196.

Celemín, J. (2007). Estudio de la calidad de vida ambiental. Definiciones conceptuales. Elaboración de índices y su aplicación en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. Facultad de Ciencias sociales UNLZ. Año IV, Número 7.

Contreras, I. & Hinojosa, M. (2004). Construcción de Índices Ponderados Multicriterios con Información Ordinal. Estadística Española, 46(155), 95-117.

Cottam, G. & Curtis T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling department of botany, university of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

Consejo Provincial de Manabí. (2005). Línea base de Manabí para programa forestal para generar empleo y mejoramiento socioeconómico en la provincia de Manabí. Informe N 1. Consultora SDS Sustainable Development Services. Doc. Interno circulación restringida.

Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí. (2007). informe de la situación de las cabeceras de las cuencas de los ríos Chone (Membrillo, Severino) y Portoviejo (Pata de pájaro, Mineral). Implementación de la primera etapa del Plan Integral de Gestión Socio Ambiental (PIGSA) del sistema de trasvases Manabí. (Doc. interno de circulación restringida). s/p.

Cuéllar, S. Daniel M. & Larrea A. (2016). Pérdida de carbono por deforestación reciente (2010-2013) en las tierras bajas y Yungas de Bolivia. versión On-line ISSN 2075-5023. Ecología en Bolivia vol.51 no.1 La Paz abr. 2016.

Chave, J. Ándalo, C. Brown, S. Cairns, M. Chambers, J. Eamus, D. Folders, H. & Fromard, F. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecología* 145, 87-99.

Departamento de Desarrollo Comunitario de la Municipalidad del Cantón Bolívar (2010). Área de Planificación y Desarrollo-Municipio de Bolívar.

Díaz, V. Sosa, J. & Pérez D. (2012). Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica*, (34), 99-126.

Dossantos, E. (2014). Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque primario y bosque secundario de la parcela Muro Huayra en la reserva nacional Allpahuayo Mishana, Iquitos-Perú. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Duran, E. François, M. & Velásquez A. (2005). Ecología y cambio de uso del suelo. Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. México.

- Escobar, L. (2006). Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas. *EURE (Santiago)*, 32(96), 73-98.
- Galeana, J. Ordóñez, J. Corona N. (2013). Estimación de contenido de carbono en la cuenca del río Magdalena, México.
- Galindo, C. 2000. La ciencia de la conservación en Latinoamérica. Caracas. Venezuela. *Revista. Interciencia*. Vol. 25. N. 3. pp. 129-135.
- Giraldo, D. Nieto, V. Sarmiento, M. & Nuno, B. (2104). Estimación Indirecta de la Densidad de la Madera mediante el uso de Pilodyn en la sección de clones de *Eucalyptus pellita* F. Müell. *Clones usingpilodyn*. Vol. 17. N°. 2.
- Gibbs, H. Brown, S. Niles, J. & Foley, J. (2007) Monitoring and Estimating Tropical Forest Carbon Stocks: Making REDD a Reality. *Environmental Research Letters*, 2,4. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023>.
- Guillen, F. (2012). Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gobierno Provincial de Manabí. (2007). Plan de Desarrollo Agropecuario Sostenible de Manabí. Ecuador: Manabí: Portoviejo.
- Hernández, A. (2009). Calidad de Vida y Medio Ambiente Urbano. Indicadores Locales de Sostenibilidad y Calidad de Vida Urbana. 24(65), 79-111.
- Hernández, L. & Martínez, M. (2001). Manual para la valoración en campo de la vegetación y la diversidad florística como indicadores de servicios ambientales. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Universidad Autónoma de Querétaro. México: Querétaro.

Hernández, L. & Martínez, M. (2011). Botánica Online. (En Línea).VE. Consultado, 19 de agosto Formato HTML. Disponible en <http://www.forest.ula.ve>.

Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, P. (1995). Metodología de la Investigación. Ed. McGraw – Hill Interamericana, México, D.F.

Honorio, E. & Baker T. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana / Universidad de Leeds. Lima, 54 p.

Huaman, Ch. (2017). Almacenamiento de carbono en especies vegetales predominantes en el área de amortiguamiento ambiental de la empresa Cilsa como medida de compensación ambiental, Puente Piedra – 2017. Tesis de pregrado. Lima-Perú.

Ibárcena, M. (2013). Rol de los bosques en el cambio climático. XII World Forestry. Canada. FAO, publicación.

Intergovernmental Panel of Climate Change. (2001). Orientación sobre buenas prácticas para UTCUTIS. Métodos complementarios y orientación a las buenas prácticas Protocolo- Kyoto (en Línea).

Disponible en:
<http://www.ipccggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/spanish/ch4.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. Orientación sobre buenas prácticas para UTCUTIS – Capitulo 4: Métodos complementarios y orientación - buenas prácticas -Protocolo de Kyoto (en Línea). Disponible en:
<http://www.ipccggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/spanish/ch4.pdf>

Intergovernmental Panel of Climate Change. (2007). Orientación sobre

buenas prácticas para UTCUTIS – Capitulo 4: Métodos complementarios y orientación sobre las buenas prácticas-Kyoto. (en Línea). Disponible en: <http://www.ipccggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf/spanish/ch4.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Informe del Grupo de Trabajo I - Base de las Ciencias Físicas. en Línea). Disponible en: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html.

Jager, M. y Zúñiga, R. (2010). Gestión de la calidad ambiental. Costa Rica. Impresos Ruiz.

Jaramillo, C. Alonso, J. Aburto J. Martínez K. León, M, Pérez, M. Gaymer, C. & Squeo. 2012. Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. Santiago. Ch. Revista. Chilena de Historia Natural. Vol. 85. N°. 3. pp. 267-280.

Jacobs, M. (1991). Economía verde: medio ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá, Tercer Mundo Editores, Capítulo 19: Estándar de vida y calidad de vida, paginas 449-467.

Leal, J. & Linares, R. (2005). Los bosques secos de la reserva de Biosfera del noroeste del Perú: Diversidad Arbórea y estado de conservación. Perú. PERÚ. Vol. 27. N°. 2. pp. 195-211

Leaño, J. (2015). La importancia de los bosques en Bolivia dentro de la economía ambiental. Tarija. Bo. Revista. Ventana Científica. Vol. 6 N°.10. pp. 54-58.

López, L. Villalba, R. & Peña, C. (2012). Ritmos de crecimiento diamétrica en los bosques secos tropicales: aportes al manejo sostenible de los

bosques de la provincia biogeográfica del Cerrado Boliviano. Mendoza. Argentina. Revista. Bosque Valdivia. Vol.33. N°.2. pp. 211-219.

López, M. Paredes, H, & Benites, P. (2001). Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente del Ecuador. Quito-Ecuador.

Lazo, A. (2014). Cambios en la cobertura del suelo y cuantificación del carbono almacenado en los diferentes usos de la tierra como lineamientos en el desarrollo de estrategias de mitigación ante el cambio climático en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera Río Plátano. Turrialba. Costa rica. pp. 1-85.

López, H. Aguirre, O. Rodríguez, E. Monarrez, J. González, M. & Jiménez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. Linares. Nueva León. MEXICO. Revista. Madera y Bosques. Vol.23. N°. 1. pp. 39-51.

López De Casanave, J. Maroneo, L. (1996). Efectos de la Riqueza y Equitatividad sobre los valores de Diversidad en comunidades de Especies. Revista. Ecología. Vol. 10. pp. 447- 455.

López, L. Domínguez, M. Martínez, Z. Zavala, C. Gómez, A. & Posada, S. (2016). Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades Madera y Bosques, vol. 22, núm. 3, pp. 49-60 Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México

Maldonado, P. (2012). Estimación del carbono almacenado en la biomasa del bosque de la comunidad nativa de infierno. Perú.

Ministerio de Agricultura y Pesca. (2002). Indicadores Ambientales a través de Diagnóstico.

- Martella, M. (2012). Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5
- Martínez, R. (2010). Importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. Revista electrónica Educare. vol. XIV, núm. 1, 31.
- Matteucci, S, & Colma, A. (2002). Metodología para el estudio de la vegetación. Grupo de Ecología del Paisaje (GEPAMA). Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina
- Mera, E. & Del Pino, J. (2012). Biodiversidad arbórea y arbustiva en zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río Carrizal (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manabí, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Estadística de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Programa de Mitigación y Adaptación, Consultado, el 26 de Julio. 2017. Formato en HTML. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/mae-trabaja-en-programas-de-mitigacion-y-adaptacion-para-reducir-emisiones-de-co2-en-ecuador/>.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2010). Guía de inventario de la flora y vegetación / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima. Pp. 64

- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2012). Informe Anual de Indicadores: Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Nº extraordinario de la revista Análisis y Prospectiva. Serie Indicadores. Madrid.
- Moreno, C. Barragán, F. & Pavón, N. (2011). Reanálisis de la Diversidad Alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Pachuca. Hidalgo. México. MEX. Revista. Mexicana de Biodiversidad. Vol. 82. Nº 4. Pp. 1249- 1261.
- Moscovich, F. Brena, D. (2006). Comprobación de cinco métodos de muestreo forestal en un bosque nativo de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. Santiago del estero. Argentina. Revista. Quebracho. Nº 13. pp. 7-16.
- Mostacedo, B. & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, Ed. El Pais. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia).
- Montesinos. D. Pinto A. Beltrán, D. & Galiano, W. (2015). Vegetación de un bosque de *Polylepis incarum* (Rosaceae) en el distrito de Lampa, Puno, Perú. Lima. PERÚ. Revista Peruana de Biología. Vol. 22. Nº. 1. pp.
- Olivo, M. Soto, A. (2010). Comportamiento de los gases de efecto invernadero y las temperaturas atmosféricas con sus escenarios de incremento potencial. Universidad, Ciencia y tecnología, 2010 - scielo.org.ve.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). Informe 2015 de la evaluación de los recursos forestales mundiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). Informe 2015 de la evaluación de los recursos forestales mundiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Orellana, J. (2009). Determinación del índice diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de Sacta. Consultado, en Oct. 2017. Formato en PDF. Disponible en: <http://www.posgradosfor.umss.edu.bo/boletin/umss/05%20PASANTIAS/6%20pasantia.pdf>

Osorio, B. Cervantes, X. Torres, E. Sánchez, C. & Simba, I. (2010). Caracterización del cultivo de balsa *Ochroma pyramidale* en la provincia de los Ríos – Ecuador. Ciencia y Tecnología.

Pardo, J. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Madrid

Pearson, T. Brown, S. & Birdsey, R. (2007). Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon. USDA Forest Services, 1- 47.

Pérez, C. (2013). Diseño de experimentos: Técnicas y herramientas. Editorial Garcés, Madrid España.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2010). Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional. BIP National Indicator Guidance LOWRES, 1-40.

Picard, N. Laurent Saint, A. & Matieu, H. (2012). Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles. Convenio FOA-CIRAD- 2012.

Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para la Toma de Decisiones Gestión y Ambiente. 9(2), 27-41.

- Rodríguez, M. López, J. & Vela, G. (2013). Indicadores ambientales biofísicos a escala detallada para la planeación territorial en Milpa Alta, Centro de México. *Investigaciones Geográficas* (80).
- Román, M. (2001). Evaluación de cinco especies arbóreas nativas como fuente de alimento para rumiantes en el trópico seco. Tesis de Doctorado. Universidad de Colima. México: Colima.
- Rugnitz, M. Chacón, M. & Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades Rurales 1ed. Lima. Perú. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). PP.
- Rueda, S. (1996). Sostenibilidad. Habitabilidad y calidad de vida. Madrid (España).
- Salgado, R. (2014). Deforestación, la ciencia en pocas palabras. N° 14. Lima (Perú).
- Sandoval, J. (2014) La subjetividad en el enfoque del desarrollo: Calidad de vida, bienestar subjetivo y capacidades. Universidad de Chile. ISSN 0718-1361.
- Sánchez, A. García, R. & Palma, A. (2003). La Cuenca hidrográfica: Unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- Santos, R. Valdez, J. (2014). Estructura y Diversidad Arbórea de Vegetación Secundaria Derivada de una Selva Mediana subperennifolia en Quintana Roa. Chapingo. México. Revista. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. 20. N°. 1. pp. 119-130.
- Shlegel, B. (2001). Estimación de la Biomasa y Carbono en Bosque tipo Forestal Siempre Verde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo

del stock de carbono en Ecosistemas Forestales (págs. 1-13). Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Indicadores Básicos del desempeño Ambiental de México.

Silva, F. & Návar, J. (2012). Estimación de la densidad de madera en árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México. Linares, N.L., México. Rev. Madera y Bosque. vol.18. no.1. pp. 77-88.

Schuschny A. & Soto, H. (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.

Sturges, H, (1926). The Choice of a Class Interval. Journal of the American Statistical Association, Vol. 21, No. 153 (Mar., 1926), pp. 65- 66. <http://www.jstor.org/stable/2965501>.

Toledo, V. (2005). Repensar la Conservación ¿áreas naturales protegidas o estrategias bio-regionales? Distrito Federal. México. Revista. Gaceta Ecológica. N° 77. pp. 67-83.

Trujillo, O. (2015). Los Indicadores ambientales. Profesor Investigador UABCS, (págs. 1-29).

Urzúa, A. (2012). Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto. Vol. 30, N° 1, 61-71. Sociedad Chilena de Psicología Clínica ISSN0716-6184 (impresa) (en línea).

Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. Bogotá. Colombia. Revista Acta Biológica Colombiana. Vol. 16. N°. 2.

pp. 221-246


Zambrano, E. Zambrano, F. (2012). Disponibilidad de capitales de las comunidades de la microcuenca del río Carrizal que contribuya en la toma de decisiones para el mejoramiento de las condiciones agrosocioeconómicas y ambiental de las familias productoras del sector. Calceta-Ecuador.

Zarta, H. Rivera, M. & Sánchez, L. (2016). Evaluación de las áreas estratégicas en Pamplona. Santander. Colombia. Revista. De la Facultad de Ciencias Básica. Vol.14. N°1. Pp. 47-6.

Zulaica, L. (2013). Sustentabilidad social en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata: análisis de su evolución a partir de la construcción y aplicación de un índice de habitabilidad. Revista electrónica geoaraguaia, 25.

Zamora, S. (2014). Análisis de costos de oportunidad de la iniciativa de implementación temprana REDD en el sector Güejar-Cafre, USAID-ICAA-Colombia.

ANEXOS

OPINIÓN DE APLICABILIDAD	
El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	<input checked="" type="checkbox"/>
El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	<input type="checkbox"/>
PROMEDIO DE VALORACIÓN:	100 %
Calceta, <u>Enero</u> del 2011	
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE	
Cl. N° <u>201521918</u>	Tel. <u>593 997223285</u>

CERTIFICACIÓN

Calceta, 08 de febrero 2011

La que suscribe Ing. Flor María Cárdenas Guillen directora del programa de investigación "Planificación participativa para la gestión integrada del Sistema hidrográfico Carrizal-Chone que promueva la seguridad y soberanía alimentaria y reduzca impactos ambientales negativos del cambio climático" de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López realizado del 2011 -2015 **certifica:** haber validado la ficha técnica de diversidad arbórea y captura de carbono que utilizo la Ing. María Margarita Delgado Demera, en la identificación taxonómica de las especies arbóreas en el bosque siempre húmedo pie montano en la cuenca alta del Carrizal, la identificación se utilizara con fines para el desarrollo de la tesis doctoral de la mencionada ingeniera.

Es cuanto tengo que a bien certificar para los fines consiguientes.

Cordialmente


 Ing. Flor María Cárdenas Guillen
DIRECTORA DE PROGRAMA

Anexo 4: Identificación de especies arbóreas en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, Manabí-Ecuador



Universidad Técnica de Manabí

Dirección: Avenida José María Urbina, Portoviejo Teléfono: (05) 263-2677
Portoviejo- Manabí- Ecuador

Jardín botánico

Nombre: Ing. Margarita Delgado Demera

Fecha: 10 de febrero del 2011

Nº	FAMILIAS	ESECIES
1	Sapotáceas	<i>Chrysophyllum argenteum</i>
2	Magnoliaceae	<i>Magnolia honandezii</i>
3	Fabaceae	<i>Prioria copaifera</i>
4	Moraceae	<i>Clarisia racemosa R.</i>
5	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Jardín Botánico

Anexo 5: Certificado de actividad de consulta realizado en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, Manabí-Ecuador.



Universidad Técnica de Manabí
Dirección: Avenida José María Urbina, Portoviejo Teléfono: (05) 263-2677
Portoviejo- Manabí- Ecuador

Jardín botánico

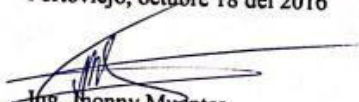
Certificación

Certifico que la Ing. **María Margarita Delgado Demera Mg Sc.** Durante el desarrollo de su tesis Doctoral: "Índice de calidad ambiental de captura de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal" ha aplicado Metodologías y herramientas estadísticas en el trabajo de campo e identificación de especies Forestales en la cuenca alta del Carrizal.

La Ing. **María Margarita Delgado Demera Mg. Sc.** Realizó varias sesiones de trabajo en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí

Es cuanto tengo que a bien certificar para los fines consiguientes.

Portoviejo, octubre 18 del 2016


Ing. Jonny Muentes
Director del Jardín Botánico

Anexo 7a: Data de diversidad arbórea en los 26 transectos 2011

2011																													
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Individuos																										Total
			T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10	T. 11	T. 12	T. 13	T. 14	T. 15	T. 16	T. 17	T. 18	T. 19	T. 20	T. 21	T. 22	T. 23	T. 24	T. 25	T. 26	
1	Achotillo	<i>Cupania cinerea</i>	2	1	0	1	0	3	2	0	2	3	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0	2	2	0	0	25
2	Amarillo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	7
3	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	11	9	5	0	34	5	14	2	16	4	21	9	5	1	15	6	8	9	5	23	16	1	26	21	26	16	308
4	Bálsamo	<i>Myroxylon pereirae</i>	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	12
5	Beldaco	<i>Ceiba trichistandra</i>	0	0	0	1	6	0	0	5	1	0	0	2	4	0	4	8	4	0	3	0	1	0	0	1	2	5	47
6	Bototillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1	3	1	0	0	1	2	1	0	1	0	3	0	3	1	0	3	1	0	4	7	2	2	1	5	3	45
7	Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	8
8	Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	10
9	Cativo	<i>Prioria copaifera</i>	2	0	1	2	0	0	1	2	1	0	1	0	2	1	0	2	1	3	0	0	1	1	3	2	1	0	27
10	Canilla de venado	<i>Cupania dentata</i>	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	11
11	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1	9
12	Caraca	<i>Erythrina velutina</i>	5	3	0	4	2	0	2	1	0	3	4	2	0	3	0	6	0	3	0	1	0	2	1	2	3	3	50
13	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	5	2	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	3	0	1	0	0	0	2	22
14	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	3	2	4	5	2	2	3	3	2	1	4	2	3	2	3	2	3	2	1	4	3	1	3	2	2	4	68
15	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	2	1	1	0	1	2	0	2	0	2	1	1	3	0	1	2	4	0	1	0	2	1	1	0	0	1	29
16	Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	11	6	3	4	7	0	8	0	2	11	9	2	4	1	1	4	5	3	3	11	3	1	3	13	6	3	124
17	Frutillo	<i>Muntingia calabura</i>	13	2	5	15	1	16	7	14	13	6	9	10	4	17	13	7	13	15	6	2	6	8	19	11	3	7	242
18	Guachapeli	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	1	3	2	2	4	3	1	1	3	5	3	6	2	1	3	2	4	3	1	4	3	5	1	2	3	1	69
19	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.	11	14	3	4	6	5	13	7	5	1	8	4	7	3	7	6	6	12	5	3	9	8	2	4	2	5	160
20	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	9
21	Guasmo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	8	12	9	0	2	3	7	5	11	0	4	6	0	4	9	7	4	3	12	6	3	9	14	7	3	153
22	Jigua	<i>Ocotea</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
23	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	2	1	3	6	6	2	2	6	4	3	2	5	1	3	2	2	1	3	5	2	3	4	1	3	2	5	79
24	Lechero	<i>Sapium glandulosum</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	4	0	0	0	12
25	Lengua de vaca	<i>Alseise gersi</i>	2	2	3	1	2	0	3	0	4	1	2	2	3	0	4	0	4	2	0	2	1	2	3	0	3	2	48
26	Matapalo	<i>Cavassapoa</i> sp.	1	2	1	3	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	0	0	2	3	0	1	0	3	24
27	Membrillo	<i>Gustavia angustifolia</i>	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	12
28	Molinillo	<i>Magnolia honandezii</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	10
29	Moral bobo	<i>Clarisia racemosa</i>	2	0	0	0	2	1	1	0	1	1	0	3	0	0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	1	1	0	18
30	Moral fino	<i>Maclura tinctoria</i>	2	3	1	5	0	2	0	1	3	0	5	1	1	4	3	5	1	2	4	3	4	6	0	3	3	1	63
31	Mulato	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	8
32	Naranjillo	<i>Aspidosperma myrsinitifolium</i>	1	0	1	0	2	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	3	1	0	1	0	4	0	1	3	0	2	25
33	Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>	0	1	3	0	2	0	0	1	0	0	1	2	0	0	2	2	0	1	0	2	0	2	3	0	2	3	27
34	Pela caballo	<i>Leucaena trichodes</i>	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	3	0	16
35	Samán	<i>Samanea saman</i>	8	3	5	3	4	5	6	3	11	4	11	3	7	3	4	5	4	3	3	4	2	3	5	7	2	3	121
36	Sapan de paloma	<i>Trema micrantha</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	7
37	Tillo	<i>Clarisia biflora</i>	0	0	2	0	2	0	1	0	4	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	5	0	1	0	0	0	0	18
38	Tutumbe	<i>Cordia eriosigma</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10
39	Zapotillo	<i>Manikara zapota</i>	2	0	3	0	2	0	0	1	2	0	1	0	0	3	0	2	0	1	0	2	1	3	0	0	2	2	27
TOTAL		Riqueza (S)	23	20	22	19	24	20	21	23	21	22	23	25	16	16	21	26	25	22	19	17	23	25	22	19	23	22	1962

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 7b: Data de diversidad arbórea en los 26 transectos 2012.

			2012																										
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Individuos																										
			T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	T.9	T.10	T.11	T.12	T.13	T.14	T.15	T.16	T.17	T.18	T.19	T.20	T.21	T.22	T.23	T.24	T.25	T.26	Total
1	Achotillo	Cupania cinerea	1	1	0	1	0	1	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	3	1	19
2	Amarillo	Tabebuia chrysotricha	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	8
3	Balsa	Ochroma pyramidale	11	9	6	21	15	7	18	8	8	11	6	12	6	7	10	11	9	22	8	21	11	6	17	9	8	26	303
4	Bálsamo	Myroxylon pereirae	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	10
5	Beldaco	Ceiba trichistandra	3	1	0	3	2	0	2	3	1	0	3	2	1	2	0	3	0	1	2	1	2	2	4	1	1	2	42
6	Bototillo	Cochlospermum vitifolium	1	2	0	0	1	5	0	1	1	0	2	3	0	0	1	2	1	4	1	3	0	1	2	5	6	1	43
7	Cabo de hacha	Machaerium millei	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	8
8	Caimito	Chrysophyllum argenteum	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	9
9	Cativo	Prioria copaifera	1	0	0	2	1	0	1	0	0	2	0	0	1	2	0	1	0	0	3	1	0	2	0	1	1	2	21
10	Canilla de venado	Cupania dentata	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	10
11	Caoba	Swietenia macrophylla King	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	6
12	Caraca	Erythrina velutina	3	0	2	0	2	0	3	0	2	0	4	2	3	2	1	0	3	0	4	2	0	3	0	1	1	4	42
13	Caucho	Castilla elastica	1	2	0	1	2	1	0	0	0	1	1	0	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	17
14	Cedro	Cedrela fissilis	2	2	6	5	0	2	0	3	0	1	4	2	3	5	4	0	2	3	6	0	2	3	5	2	4	1	67
15	Chilca	Baccharis salicifolia	2	0	1	4	0	2	1	0	0	2	1	1	0	1	3	0	0	2	4	0	1	0	0	1	1	3	30
16	Fernán Sánchez	Triplaris guayaquilensis	7	5	6	4	7	3	2	2	10	5	3	4	2	3	4	3	4	11	2	6	4	3	7	2	3	6	118
17	Frutillo	Muntingia calabura	8	9	6	11	8	4	14	9	12	13	7	13	12	8	7	4	13	5	4	13	11	7	15	4	10	12	239
18	Guachapeli	Pseudosamanea guachapele	2	3	5	0	4	2	3	0	3	4	6	0	2	0	2	5	0	2	0	1	3	4	6	3	4	0	64
19	Guarumo	Cecropia peltata L.	9	13	4	5	6	5	6	7	8	9	2	6	7	5	2	4	8	6	5	2	8	6	2	6	8	4	153
20	Guayacán	Tabebuia chrysantha	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	7
21	Guasmo	Guazuma ulmifolia	3	4	6	3	7	9	5	12	5	8	4	4	3	4	6	5	6	7	3	4	5	3	5	3	9	6	139
22	Jigua	Ocotea sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
23	Laurel	Cordia alliodora	2	4	3	3	1	2	5	2	4	2	1	7	1	2	1	3	1	3	2	3	1	7	4	2	3	3	72
24	Lechero	Sapium glandulosum	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	2	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0	2	0	1	16
25	Lengua de vaca	Alseise gersi	2	1	4	1	1	2	2	0	2	0	4	2	0	0	3	2	3	1	0	1	0	2	1	4	0	2	40
26	Matapalo	Caussapoa sp.	0	1	2	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	2	0	3	0	1	0	2	0	3	0	2	3	0	25
27	Membrillo	Gustavia angustifolia	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0	0	1	2	0	0	2	0	15
28	Molinillo	Magnolia honandezii	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	11
29	Moral bobo	Clarisia racemosa	2	0	1	0	2	3	1	0	1	0	0	3	0	2	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	2	0	22
30	Moral fino	Maclura tinctoria	3	3	2	4	3	0	2	0	2	3	4	1	3	2	3	2	4	0	3	1	1	4	3	2	4	2	61
31	Mulato	Phyllanthus juglandifolius	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	5	0	0	1	0	1	0	0	0	13
32	Naranjillo	Aspidosperma myrsiticifolium	1	1	4	3	0	1	0	0	1	1	2	0	0	3	0	0	1	2	1	1	0	0	2	0	1	0	25
33	Pechiche	Vitex gigantea	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	1	1	0	1	1	3	1	1	2	4	0	3	0	0	1	1	26
34	Pela caballo	Leucaena trichodes	0	0	0	2	1	0	3	0	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	2	0	1	17
35	Samán	Samanea saman	3	2	5	1	6	3	6	2	4	5	6	2	2	5	3	1	6	3	4	5	6	5	4	3	5	7	104
36	Sapan de paloma	Trema micrantha	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	11
37	Tillo	Clarisia biflora	1	2	0	0	2	1	0	0	2	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	1	1	0	3	0	1	19
38	Tutumbe	Cordia eriosigma	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	12
39	Zapotillo	Manilkara zapota	1	0	3	0	0	1	0	1	0	3	0	1	3	0	4	0	0	2	0	3	0	0	2	0	3	0	27
TOTAL		Riqueza (S)	25	21	18	21	26	23	20	18	22	20	21	25	20	25	23	24	18	26	22	23	21	24	20	26	27	20	1874

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 7c: Data de diversidad arbórea en los 26 transectos, 2013

2013																													
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Individuos																										Total
			T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	T.9	T.10	T.11	T.12	T.13	T.14	T.15	T.16	T.17	T.18	T.19	T.20	T.21	T.22	T.23	T.24	T.25	T.26	
1	Achotillo	<i>Cupania cinerea</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	3	1	1	0	3	0	0	4	0	2	0	0	0	20
2	Amarillo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	10
3	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	12	8	9	17	12	8	13	9	14	13	12	12	11	14	8	12	15	11	12	11	6	9	19	12	10	13	302
4	Balsamo	<i>Myroxylon pereirae</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6
5	Beldaco	<i>Ceiba trichistandra</i>	0	1	2	0	1	0	2	5	0	2	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	5	4	1	3	34
6	Bototillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1	3	0	2	1	2	0	1	4	5	2	6	0	1	1	3	0	1	3	0	1	0	4	0	2	0	43
7	Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	11
8	Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	9
9	Cativo	<i>Prioria copaifera</i>	2	0	1	0	1	2	1	0	0	2	0	2	1	0	1	0	0	2	0	1	0	2	0	0	2	1	21
10	Canilla de venado	<i>Cupania dentata</i>	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	2	16
11	Caoba	<i>Swietenia macrophylla King</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	6
12	Caraca	<i>Erythrina velutina</i>	2	3	2	0	2	0	3	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	1	2	1	0	2	0	0	2	3	28
13	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	0	5	0	3	0	1	0	0	2	0	0	0	19
14	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	2	2	0	5	2	0	5	0	0	1	2	1	3	2	3	2	2	1	3	3	5	0	2	3	3	2	54
15	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	3	4	1	5	2	0	0	3	1	0	3	2	0	0	4	1	4	5	0	2	0	1	3	1	1	1	47
16	Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	6	5	3	4	7	6	2	2	3	5	9	6	2	3	1	2	9	7	2	6	2	3	6	3	3	6	113
17	Frutillo	<i>Muntingia calabura</i>	9	17	6	11	7	5	7	7	6	7	8	15	10	7	4	16	9	4	6	13	8	11	7	18	7	9	234
18	Guachapeli	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	3	1	0	2	3	2	0	4	0	2	1	0	2	1	0	2	6	1	0	3	1	2	3	1	4	2	46
19	Guarumo	<i>Cecropia peltata L.</i>	8	14	6	12	6	15	7	3	0	9	3	7	5	5	5	9	0	5	6	8	3	7	6	0	7	3	159
20	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	9
21	Guasmo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	7	5	7	2	0	6	3	5	8	0	4	8	5	8	3	4	8	4	5	7	4	3	8	7	9	135
22	Jigua	<i>Ocotea sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
23	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	4	2	2	0	1	1	0	1	4	0	5	6	0	1	2	0	2	2	1	2	3	1	0	2	4	7	53
24	Lechero	<i>Sapium glandulosum</i>	2	3	0	1	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	15
25	Lengua de vaca	<i>Alseise gersi</i>	4	0	2	0	0	2	3	0	2	0	2	2	0	2	0	2	1	0	1	2	0	2	0	2	3	2	34
26	Matapalo	<i>Caussapoa sp.</i>	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	3	0	0	0	3	1	0	3	0	1	0	0	3	0	2	21
27	Membrillo	<i>Gustavia angustifolia</i>	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2	0	2	0	0	1	2	1	2	0	0	0	2	0	0	0	16
28	Molinillo	<i>Magnolia honanensis</i>	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	10
29	Moral bobo	<i>Clarisia racemosa</i>	0	2	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	2	0	0	2	0	1	0	0	0	16
30	Moral fino	<i>MacLura tinctoria</i>	3	1	0	1	2	1	0	2	4	3	5	0	2	1	3	0	2	0	3	2	1	2	2	1	3	1	45
31	Mulato	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	6
32	Naranjillo	<i>Aspidosperma myrsiticifolium</i>	1	0	1	0	0	1	0	2	1	0	0	1	1	0	3	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	2	19
33	Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>	0	0	2	0	0	2	1	0	1	0	1	1	0	2	0	0	1	0	2	1	0	1	2	1	0	1	19
34	Pela caballo	<i>Leucaena trichodes</i>	1	1	0	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	14
35	Samán	<i>Samanea saman</i>	2	3	1	2	4	2	3	2	3	5	4	3	2	2	3	2	1	3	4	4	2	8	2	3	5	2	77
36	Sapan de paloma	<i>Trema micrantha</i>	1	0	1	0	1	0	0	2	1	0	2	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	3	0	1	0	0	17
37	Tillo	<i>Clarisia biflora</i>	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	15
38	Tutumbe	<i>Cordia eriosigma</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	10
39	Zapotillo	<i>Manikara zapota</i>	0	0	1	0	2	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	2	1	2	0	0	2	1	1	0	0	0	17
TOTAL		Riqueza (S)	23	20	22	15	28	21	17	23	21	21	22	28	18	19	19	24	22	27	19	20	24	18	25	18	17	20	1731

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 7d: Data de diversidad arbórea en los 26 transectos, 2014

2014																													
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Individuos																										Total
			T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	T.9	T.10	T.11	T.12	T.13	T.14	T.15	T.16	T.17	T.18	T.19	T.20	T.21	T.22	T.23	T.24	T.25	T.26	
1	Achotillo	Cupania cinerea	1	1	0	0	1	0	3	0	2	1	0	0	0	1	1	0	3	0	0	1	0	2	0	1	1	0	19
2	Amarillo	Tabebuia chrysotricha	1	1	1	0	0	1	0	2	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	0	2	0	0	1	1	0	1	17
3	Balsa	Ochroma pyramidale	7	9	10	11	7	15	9	14	12	14	12	6	8	9	6	7	10	13	9	12	7	12	14	7	11	9	260
4	Bálsamo	Myroxylon pereirae	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	Beldaco	Ceiba trichistandra	0	1	0	3	0	5	2	0	1	0	0	1	0	1	0	5	0	3	0	0	2	0	5	0	0	0	29
6	Bototillo	Cochlospermum vitifolium	1	0	0	2	1	3	0	1	0	2	0	6	3	2	1	0	2	0	4	0	3	0	2	0	4	2	39
7	Cabo de hacha	Machaerium millei	0	1	2	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	16
8	Caimito	Chrysophyllum argenteum	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
9	Cativo	Prioria copaifera	2	0	1	0	1	2	0	1	2	0	1	0	0	2	0	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	0	21
10	Canilla de venado	Cupania dentata	1	1	1	1	2	0	1	0	0	2	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	2	1	3	0	0	22
11	Caoba	Swietenia macrophylla King	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5
12	Caraca	Erythrina velutina	2	0	3	1	2	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	2	3	1	0	1	0	0	0	2	0	22
13	Caucho	Castilla elastica	3	2	0	1	0	2	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	2	0	2	0	2	0	0	0	2	22
14	Cedro	Cedrela fissilis	3	1	3	3	3	1	5	3	2	3	2	2	0	2	3	4	0	3	0	2	1	0	4	3	0	4	57
15	Chilca	Baccharis salicifolia	3	2	4	0	2	3	4	5	2	3	0	3	0	2	1	0	3	5	2	0	3	0	4	3	6	0	60
16	Fernán Sánchez	Triplaris guayaquilensis	7	5	6	4	4	2	2	2	5	7	9	6	2	6	2	4	5	6	3	2	7	4	5	2	2	4	113
17	Frutillo	Muntingia calabura	13	6	13	12	8	7	4	13	7	9	12	7	4	13	10	6	4	5	13	7	14	5	4	10	8	4	218
18	Guachapeli	Pseudosamanea guachapele	0	5	2	0	3	3	1	0	2	0	7	3	2	0	3	0	4	2	0	3	4	0	0	3	0	1	48
19	Guarumo	Cecropia peltata L.	8	6	3	4	6	5	5	7	3	6	3	9	5	6	6	11	3	5	3	6	9	3	4	7	9	6	148
20	Guayacán	Tabebuia chrysantha	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	9
21	Guasmo	Guazuma ulmifolia	3	4	6	5	2	5	4	6	5	3	3	4	2	6	4	6	2	3	7	3	4	3	5	3	3	6	107
22	Jigua	Ocotea sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5
23	Laurel	Cordia alliodora	3	1	0	3	3	0	0	0	4	0	5	4	1	0	3	0	0	1	4	3	0	0	0	2	1	1	39
24	Lechero	Sapium glandulosum	2	0	1	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	3	0	2	0	0	1	0	0	18
25	Lengua de vaca	Alseise gersi	1	2	0	1	0	1	3	0	2	0	3	2	0	2	1	1	0	3	1	0	1	2	3	1	2	2	34
26	Matapalo	Caussapoa sp.	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	3	1	0	16
27	Membrillo	Gustavia angustifolia	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1	16
28	Molinillo	Magnolia honandezii	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0	11
29	Moral bobo	Clarisia racemosa	2	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	16
30	Moral fino	Maclura tinctoria	2	3	0	1	2	0	3	2	1	3	2	0	0	0	3	0	2	3	0	0	2	0	1	3	1	0	34
31	Mulato	Phyllanthus juglandifolius	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5
32	Naranjillo	Aspidosperma myristicifolium	0	2	1	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	1	0	1	1	16
33	Pechiche	Vitex gigantea	2	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	12
34	Pela caballo	Leucaena trichodes	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	13
35	Samán	Samanea saman	3	2	1	2	4	3	3	2	3	5	6	2	3	2	4	3	2	1	3	2	1	3	4	2	3	5	74
36	Sapan de paloma	Trema micrantha	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0	3	4	2	1	3	3	29
37	Tillo	Clarisia biflora	1	0	0	0	2	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	4	0	2	0	1	0	0	16
38	Tutumbe	Cordia eriostigma	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	10
39	Zapotillo	Manilkara zapota	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	10
TOTAL		Riqueza (S)	25	25	18	18	25	23	19	19	21	17	22	24	16	17	24	16	20	16	20	20	23	14	20	24	22	18	1615

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 7e: Data de diversidad arbórea en los 26 transectos, 2015

2015																													
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Individuos																										
			T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10	T. 11	T. 12	T. 13	T. 14	T. 15	T. 16	T. 17	T. 18	T. 19	T. 20	T. 21	T. 22	T. 23	T. 24	T. 25	T. 26	Total
1	Achotillo	Cupania cinerea	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	0	2	0	1	17
2	Amarillo	Tabebuia chrysotricha	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	2	1	0	2	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	17
3	Balsa	Ochroma pyramidale	6	4	8	7	9	14	11	6	8	13	6	0	9	8	6	8	9	5	7	12	7	6	8	6	7	6	196
4	Bálsamo	Myroxylon pereirae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	Beldaco	Ceiba trichistandra	1	0	0	3	0	1	2	0	1	0	2	0	0	1	1	2	0	3	1	2	1	1	0	1	2	1	26
6	Bototillo	Cochlospermum vitifolium	1	2	0	3	1	0	2	1	1	0	2	4	0	0	2	1	4	2	0	1	2	2	1	3	1	2	38
7	Cabo de hacha	Machaerium millei	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	15
8	Caimito	Chrysophyllum argenteum	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	6
9	Cativo	Prioria copaifera	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	1	2	0	0	0	1	0	2	0	1	2	0	1	2	0	2	18
10	Canilla de venado	Cupania dentata	1	2	0	1	2	0	1	0	1	2	0	0	1	0	2	0	2	1	0	1	0	0	3	2	1	0	23
11	Caoba	Swietenia macrophylla King	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
12	Caraca	Erythrina velutina	2	0	3	2	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	3	2	0	0	3	0	0	0	2	23
13	Caucho	Castilla elastica	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	1	2	1	0	0	2	1	2	2	2	0	0	0	26
14	Cedro	Cedrela fissilis	4	0	4	0	5	3	0	2	0	3	0	3	2	3	4	2	2	0	2	3	4	2	3	2	3	5	61
15	Chilca	Baccharis salicifolia	3	0	4	5	1	3	0	5	4	2	3	0	2	1	2	5	2	2	3	0	4	1	2	1	1	3	59
16	Fernán Sánchez	Triplaris guayaquilensis	7	5	6	4	3	8	4	3	2	4	6	4	3	2	3	7	3	4	4	3	5	4	6	4	3	2	109
17	Frutillo	Muntingia calabura	13	12	6	3	8	6	12	7	6	11	4	7	3	8	6	7	7	13	3	7	2	8	7	15	4	7	192
18	Guachapeli	Pseudosamanea guachapele	3	0	1	4	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	5	0	0	6	2	5	3	0	2	0	5	41
19	Guarumo	Cecropia peltata L.	8	8	6	3	6	3	4	7	6	6	9	7	4	1	3	9	3	3	6	3	4	10	3	5	4	4	135
20	Guayacán	Tabebuia chrysantha	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	7
21	Guasmo	Guazuma ulmifolia	1	3	2	3	4	2	2	3	2	1	0	4	5	2	4	2	3	2	6	7	4	6	3	2	3	4	80
22	Jigua	Ocotea sp.	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	5
23	Laurel	Cordia alliodora	3	1	3	0	0	1	2	0	0	0	4	4	2	0	1	2	0	1	2	2	2	0	0	0	2	3	35
24	Lechero	Sapium glandulosum	1	3	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	2	0	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	18
25	Lengua de vaca	Alseise gersi	2	0	0	1	3	2	0	0	2	1	0	2	0	3	2	1	0	2	1	1	2	0	2	3	2	3	35
26	Matapalo	Caussapoa sp.	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	8
27	Membrillo	Gustavia angustifolia	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	14
28	Molinillo	Magnolia honandezii	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	10
29	Moral bobo	Clarisia racemosa	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	12
30	Moral fino	Macdura tinctoria	0	0	1	0	2	0	3	0	2	0	2	0	1	2	0	0	1	2	3	2	3	2	0	3	0	1	30
31	Mulato	Phyllanthus juglandifolius	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
32	Naranjillo	Aspidosperma myrsiticifolium	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	1	3	0	2	1	0	1	0	16
33	Pechiche	Vitex gigantea	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	5
34	Pela caballo	Leucaena trichodes	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	12
35	Samán	Samanea saman	2	2	1	2	4	3	1	6	3	3	4	5	3	2	2	2	4	3	2	4	3	4	3	2	1	3	74
36	Sapan de paloma	Trema micrantha	2	0	0	0	2	3	1	2	1	0	0	3	0	2	1	2	1	2	0	4	2	1	1	0	1	2	33
37	Tillo	Clarisia biflora	1	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0	15
38	Tutumbe	Cordia erostigma	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	8
39	Zapotillo	Manilkara zapota	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
TOTAL		Riqueza (S)	15	16	17	13	25	20	19	13	22	17	20	22	12	18	24	22	18	22	26	22	22	21	19	22	17	20	1432

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 7f: Data de diversidad arbórea en los 26 transectos, 2016

2016																														
N°	Nombre Común	Nombre Científico	Individuos																											
			T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	T. 6	T. 7	T. 8	T. 9	T. 10	T. 11	T. 12	T. 13	T. 14	T. 15	T. 16	T. 17	T. 18	T. 19	T. 20	T. 21	T. 22	T. 23	T. 24	T. 25	T. 26	Total	
1	Achotillo	Cupania cinerea	1	0	1	0	1	0	1	0	2	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13
2	Amarillo	Tabebuia chrysotricha	0	1	2	0	2	0	1	2	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0	2	19	
3	Balsa	Ochroma pyramidale	6	1	3	0	8	5	4	12	14	6	10	2	1	3	18	5	4	12	14	6	10	0	2	0	17	3	166	
4	Bálsamo	Myroxylon pereirae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
5	Beldaco	Ceiba trichostandra	1	0	1	2	0	1	2	1	1	0	0	0	2	0	0	3	1	4	0	0	0	0	0	2	1	2	24	
6	Bototillo	Cochlospermum vitifolium	1	2	0	3	1	2	0	1	0	2	0	2	1	0	0	4	3	0	0	1	2	0	0	5	1	3	34	
7	Cabo de hacha	Machaerium millei	0	0	0	0	1	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	1	2	1	2	0	19	
8	Caimito	Chrysophyllum argenteum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
9	Cativo	Prioria copaifera	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	12	
10	Canilla de venado	Cupania dentata	1	2	0	3	0	3	0	0	1	2	0	2	3	1	0	2	0	2	1	0	1	3	0	1	2	0	30	
11	Caoba	Swietenia macrophylla King	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
12	Caraca	Erythrina velutina	1	0	3	0	2	0	0	0	1	0	2	0	1	3	0	0	1	0	1	0	0	0	3	1	0	4	23	
13	Caucho	Castilla elastica	0	0	2	1	0	2	1	0	3	1	5	0	0	0	0	0	0	2	1	1	4	0	1	0	4	0	28	
14	Cedro	Cedrela fissilis	1	2	4	2	1	2	0	2	0	0	0	0	2	4	0	1	0	0	3	6	1	8	4	0	15	4	62	
15	Chilca	Baccharis salicifolia	1	3	0	0	0	0	0	0	5	6	6	2	0	1	3	6	7	0	4	1	5	3	2	1	6	0	62	
16	Fernán Sánchez	Triplaris guayaquilensis	3	2	0	1	0	2	2	5	7	8	3	6	0	0	4	6	9	11	2	3	1	2	0	6	9	4	96	
17	Frutillo	Muntingia calabura	0	8	5	0	9	2	0	11	3	0	2	4	0	7	8	2	9	4	6	2	2	15	9	13	8	9	138	
18	Guachapeli	Pseudosamanea guachapele	0	0	0	4	3	2	1	0	2	0	7	7	0	0	0	5	0	3	0	1	0	0	0	1	1	0	37	
19	Guarumo	Cecropia peltata L.	3	6	0	1	3	3	2	7	3	2	1	3	4	6	5	2	5	1	4	5	3	9	0	6	4	8	96	
20	Guayacán	Tabebuia chrysantha	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
21	Guasmo	Guazuma ulmifolia	1	3	4	1	9	2	3	6	0	0	0	4	3	2	1	0	0	5	8	2	1	7	3	0	6	4	75	
22	Jigua	Ocotea sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	5	
23	Laurel	Cordia alliodora	3	1	0	0	3	1	0	0	3	0	1	4	0	1	4	3	0	0	0	1	2	2	1	0	2	0	32	
24	Lechero	Sapium glandulosum	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3	2	0	0	1	3	0	2	0	0	0	2	1	0	1	1	2	21	
25	Lengua de vaca	Alseise gersi	1	1	2	1	1	0	3	0	2	1	1	2	1	2	2	1	0	2	1	0	2	2	3	0	3	1	35	
26	Matapalo	Caussapoa sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	
27	Membrillo	Gustavia angustifolia	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	11	
28	Molinillo	Magnolia honandezii	0	0	2	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
29	Moral bobo	Clarisia racemosa	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	0	1	1	1	0	0	1	0	1	12	
30	Moral fino	Maclura tinctoria	0	1	0	2	0	0	1	0	2	6	2	1	1	0	2	1	0	0	2	0	0	1	1	2	3	1	29	
31	Mulato	Phyllanthus juglandifolius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
32	Naranjillo	Aspidosperma myrsiticifolium	0	0	1	3	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	14	
33	Pechiche	Vitex gigantea	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5	
34	Pela caballo	Leucaena trichodes	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	1	12	
35	Samán	Samanea saman	1	0	1	2	0	1	0	2	0	7	3	1	0	1	5	4	1	0	6	1	2	6	8	5	1	4	62	
36	Sapan de paloma	Trema micrantha	1	2	0	1	2	0	0	0	2	0	0	4	1	4	0	0	2	0	2	1	0	5	0	2	3	5	37	
37	Tillo	Clarisia biflora	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	3	0	1	0	0	1	1	0	2	0	0	15	
38	Tutumbe	Cordia erostigma	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	6	
39	Zapotillo	Manilkara zapota	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	
TOTAL		Riqueza (S)	16	17	16	17	22	20	16	16	20	16	17	26	13	14	16	19	21	15	21	18	18	19	15	19	20	19	1258	

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 8a: Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en los 26 transectos 2011

2011					
Transecto	Taxa S	Individuos	Simpson	Shannon	Pielou
T1	23	94	0,919	2,760	0,880
T2	20	69	0,905	2,656	0,887
T3	22	64	0,923	2,825	0,914
T4	18	69	0,900	2,573	0,890
T5	24	93	0,839	2,497	0,786
T6	20	57	0,883	2,580	0,861
T7	21	78	0,904	2,647	0,870
T8	23	65	0,905	2,711	0,865
T9	21	84	0,903	2,641	0,868
T10	21	64	0,907	2,670	0,877
T11	23	92	0,896	2,625	0,837
T12	25	73	0,935	2,969	0,923
T13	16	55	0,918	2,612	0,942
T14	16	48	0,839	2,311	0,834
T15	21	75	0,901	2,648	0,870
T16	26	87	0,943	3,030	0,930
T17	25	80	0,928	2,888	0,897
T18	22	76	0,905	2,701	0,874
T19	19	54	0,931	2,791	0,948
T20	21	92	0,889	2,601	0,854
T21	23	81	0,916	2,784	0,888
T22	25	64	0,934	2,944	0,915
T23	22	94	0,861	2,458	0,795
T24	19	94	0,882	2,452	0,833
T25	23	84	0,875	2,652	0,846
T26	22	76	0,917	2,801	0,906

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 8b: Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en los 26 transectos 2012

2012					
Transecto	Taxa S	Individuos	Simpson	Shannon	Pielou
T1	21	66	0,912	2,706	0,889
T2	18	64	0,896	2,531	0,876
T3	18	67	0,931	2,753	0,953
T4	18	74	0,871	2,452	0,848
T5	22	76	0,911	2,710	0,877
T6	21	55	0,923	2,797	0,919
T7	17	75	0,878	2,424	0,856
T8	14	52	0,864	2,246	0,851
T9	19	71	0,907	2,617	0,889
T10	18	73	0,899	2,530	0,875
T11	18	59	0,924	2,704	0,935
T12	22	71	0,906	2,690	0,870
T13	17	53	0,895	2,532	0,894
T14	22	64	0,935	2,894	0,936
T15	20	61	0,922	2,754	0,919
T16	20	54	0,912	2,702	0,902
T17	17	65	0,894	2,477	0,874
T18	21	83	0,884	2,575	0,846
T19	18	54	0,922	2,697	0,933
T20	20	77	0,873	2,499	0,834
T21	17	60	0,887	2,431	0,858
T22	19	65	0,931	2,783	0,945
T23	18	79	0,886	2,481	0,858
T24	20	55	0,927	2,809	0,938
T25	23	80	0,930	2,865	0,914
T26	17	81	0,847	2,294	0,810

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 8c: Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en los 26 transectos 2013

2013					
Transecto	Taxa S	Individuos	Simpson	Shannon	Pielou
T1	23	76	0,924	2,826	0,901
T2	20	81	0,894	2,571	0,858
T3	22	52	0,918	2,779	0,899
T4	14	72	0,867	2,260	0,857
T5	28	70	0,928	2,975	0,893
T6	21	57	0,882	2,563	0,842
T7	17	59	0,893	2,494	0,880
T8	23	57	0,928	2,875	0,917
T9	21	59	0,901	2,669	0,877
T10	20	72	0,909	2,641	0,882
T11	22	70	0,917	2,760	0,893
T12	28	86	0,920	2,880	0,864
T13	18	57	0,891	2,515	0,870
T14	19	54	0,884	2,530	0,859
T15	19	54	0,918	2,697	0,916
T16	24	78	0,905	2,744	0,864
T17	22	67	0,892	2,599	0,841
T18	27	75	0,934	2,987	0,906
T19	19	59	0,911	2,679	0,910
T20	20	70	0,903	2,617	0,874
T21	24	60	0,932	2,913	0,917
T22	18	62	0,902	2,565	0,887
T23	25	80	0,908	2,812	0,874
T24	18	67	0,866	2,393	0,828
T25	17	65	0,916	2,630	0,928
T26	20	72	0,908	2,654	0,886

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 8d: Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en los 26 transectos 2014

2014					
Transecto	Taxa S	Individuos	Simpson	Shannon	Pielou
T1	25	76	0,927	2,909	0,904
T2	25	61	0,930	2,912	0,905
T3	18	60	0,889	2,493	0,863
T4	18	58	0,891	2,519	0,872
T5	25	63	0,937	2,983	0,927
T6	23	71	0,915	2,802	0,894
T7	21	58	0,929	2,823	0,927
T8	19	66	0,883	2,478	0,842
T9	21	62	0,917	2,761	0,907
T10	17	64	0,893	2,495	0,881
T11	22	83	0,920	2,773	0,897
T12	24	70	0,934	2,919	0,919
T13	16	39	0,902	2,542	0,917
T14	17	58	0,885	2,445	0,863
T15	24	61	0,928	2,892	0,910
T16	16	57	0,900	2,498	0,901
T17	20	52	0,919	2,764	0,923
T18	23	70	0,925	2,865	0,914
T19	20	64	0,905	2,650	0,885
T20	20	56	0,904	2,658	0,887
T21	23	72	0,911	2,742	0,875
T22	14	46	0,882	2,399	0,909
T23	20	65	0,910	2,693	0,899
T24	24	63	0,928	2,891	0,910
T25	22	65	0,912	2,720	0,880
T26	18	55	0,915	2,647	0,916

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 8e: Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en los 26 transectos 2015

2015					
Transecto	Taxa S	Individuos	Simpson	Shannon	Pielou
T1	24	72	0,921	2,837	0,893
T2	16	49	0,880	2,419	0,872
T3	17	51	0,909	2,572	0,908
T4	13	41	0,904	2,445	0,953
T5	25	64	0,930	2,912	0,905
T6	20	57	0,890	2,577	0,860
T7	19	52	0,877	2,487	0,845
T8	13	46	0,892	2,360	0,920
T9	22	52	0,925	2,835	0,917
T10	18	55	0,874	2,430	0,841
T11	20	61	0,927	2,794	0,933
T12	22	59	0,933	2,874	0,930
T13	12	36	0,874	2,266	0,912
T14	18	43	0,902	2,608	0,903
T15	24	54	0,942	3,007	0,946
T16	22	66	0,922	2,784	0,901
T17	18	50	0,913	2,658	0,920
T18	22	58	0,914	2,809	0,909
T19	25	64	0,940	2,998	0,931
T20	22	66	0,921	2,802	0,907
T21	22	60	0,939	2,935	0,949
T22	21	62	0,918	2,744	0,901
T23	19	51	0,917	2,696	0,916
T24	22	64	0,908	2,765	0,894
T25	17	41	0,917	2,654	0,937
T26	20	58	0,932	2,825	0,943

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 8f: Evaluación de la diversidad arbórea con índices de diversidad en los 26 transectos 2016

2016					
Transecto	Taxa S	Individuos	Simpson	Shannon	Pielou
T1	16	27	0,897	2,531	0,913
T2	17	38	0,899	2,561	0,904
T3	16	34	0,915	2,607	0,940
T4	17	33	0,929	2,735	0,965
T5	22	56	0,909	2,722	0,881
T6	20	37	0,935	2,864	0,956
T7	16	26	0,917	2,631	0,949
T8	16	56	0,873	2,344	0,845
T9	20	56	0,894	2,619	0,874
T10	16	51	0,902	2,506	0,904
T11	17	49	0,896	2,513	0,887
T12	26	57	0,940	3,023	0,928
T13	13	22	0,897	2,413	0,941
T14	14	37	0,891	2,399	0,909
T15	16	61	0,864	2,363	0,852
T16	19	53	0,928	2,761	0,938
T17	18	52	0,896	2,524	0,873
T18	14	52	0,869	2,306	0,874
T19	21	65	0,904	2,662	0,874
T20	18	37	0,906	2,611	0,903
T21	18	43	0,900	2,607	0,902
T22	19	70	0,894	2,531	0,860
T23	15	44	0,891	2,448	0,904
T24	19	53	0,887	2,527	0,858
T25	20	90	0,900	2,591	0,865
T26	18	59	0,918	2,672	0,924

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 9a: Stock de carbono de las 39 especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2011

CAPTURA DE CARBONO 2011													
Nº	Especie	Nombre común	ÁbA	h	Circunferencia del tronco	DAP	Área Basal	Volumen	Densidad de especie	Biomasa Aérea	Σau	Biomasa Arbórea	ΔCBA
1	<i>Cupania cinerea</i>	Achotillo	25	10	0,26	0,08	0,01	0,05	140,000	7,527	188,184	0,072	0,036
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Amanillo	7	14	0,82	0,26	0,05	0,75	530,000	396,825	2777,778	1,068	0,534
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	308	16,45	1,03	0,33	0,08	1,39	400,000	555,224	171008,989	65,773	32,886
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	Bálsamo	12	18,67	0,62	0,20	0,03	0,57	350,000	199,785	2397,424	0,922	0,461
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	Beldaco	47	15,68	1,89	0,60	0,28	4,45	510,000	2271,997	106783,851	41,071	20,535
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	45	14	0,72	0,23	0,04	0,58	600,000	346,348	15585,641	5,994	2,997
7	<i>Machaerium millei</i>	Cabo de hacha	8	12,56	0,75	0,24	0,04	0,56	460,000	258,487	2067,892	0,795	0,398
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	Caimito	10	18,23	0,99	0,32	0,08	1,42	400,000	568,440	5684,404	2,186	1,093
9	<i>Prioria copaifera</i>	caltivo	27	14	0,63	0,20	0,03	0,44	570,000	251,914	6801,671	2,616	1,308
10	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado	11	13	0,64	0,20	0,03	0,42	450,000	190,583	2096,411	0,806	0,403
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	9	23,02	1,23	0,39	0,12	2,77	400,000	1108,009	9972,084	3,835	1,918
12	<i>Erythrina velutina</i>	Caraca	50	8,24	0,52	0,17	0,02	0,18	900,000	159,494	7974,699	3,067	1,534
13	<i>castilla elastica</i>	Caucho	22	17,45	1,23	0,39	0,12	2,10	400,000	839,911	18478,053	7,107	3,553
14	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	68	16,07	1,02	0,32	0,08	1,33	810,000	1077,132	73245,008	28,171	14,086
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	29	5	0,31	0,10	0,01	0,04	560,000	21,402	620,651	0,239	0,119
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernán Sánchez	124	16	0,98	0,31	0,08	1,22	600,000	733,316	90931,206	34,974	17,487
17	<i>Muntingia calabura</i>	Frutillo	242	11	0,34	0,11	0,01	0,10	400,000	40,456	9790,249	3,765	1,883
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapeli	69	15,21	1,02	0,32	0,08	1,26	260,000	327,243	22579,789	8,685	4,342
19	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo	160	13	0,42	0,13	0,01	0,18	400,000	72,957	11673,196	4,490	2,245
20	<i>tabebuia crisantha</i>	Guayacán	9	18	1,1	0,35	0,10	1,73	400,000	692,924	6236,318	2,399	1,199
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	Guazmo	153	14	1,23	0,39	0,12	1,68	400,000	673,854	103099,738	39,654	19,827
22	<i>Ocotea</i> Sp	Jigua	2	13,42	0,65	0,21	0,03	0,45	520,000	234,504	469,008	0,180	0,090
23	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	79	16	1,13	0,36	0,10	1,62	440,000	714,986	56483,879	21,725	10,862
24	<i>Sapium glandulosum</i>	Lechero	12	11,23	0,49	0,16	0,02	0,21	480,000	102,939	1235,271	0,475	0,238
25	<i>Alseise gersi</i>	Lengua de vaca	48	12	0,39	0,12	0,01	0,15	560,000	81,295	3902,183	1,501	0,750
26	<i>Caussapoa</i> sp	Matapalo	24	16	0,95	0,30	0,07	1,15	560,000	643,166	15435,985	5,937	2,968
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	12	9	0,31	0,10	0,01	0,07	600,000	41,275	495,298	0,190	0,095
28	<i>Magnolia honandezii</i>	Molinillo	10	10,23	0,97	0,31	0,07	0,77	400,000	306,229	3062,295	1,178	0,589
9	<i>Clarisia racemosa</i>	Moral bobo	18	21	1,15	0,37	0,11	2,21	680,000	1502,076	27037,359	10,399	5,199
30	<i>maclura tinctoria</i>	Moral fino	63	18	1,14	0,36	0,10	1,86	300,000	558,176	35165,103	13,525	6,763
31	<i>Phyllanthus juglandifoliur</i>	Mulato	8	13	0,96	0,31	0,07	0,95	400,000	381,166	3049,325	1,173	0,586
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	Naranjillo	25	17	0,87	0,28	0,06	1,02	400,000	409,369	10234,233	3,936	1,968
33	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	27	13,21	1,12	0,36	0,10	1,32	700,000	922,582	24909,703	9,581	4,790
34	<i>Leucaena trichoder</i>	Pela caballo	16	10	0,62	0,20	0,03	0,31	630,000	192,616	3081,852	1,185	0,593
35	<i>Samanea saman</i>	Samán	121	15,23	1,83	0,58	0,27	4,06	630,000	2555,704	309240,155	118,939	59,469
36	<i>Trema michranta</i>	Sapan de paloma	7	8,23	0,34	0,11	0,01	0,08	400,000	30,268	211,877	0,081	0,041
37	<i>Clarisia biflora</i>	Tillo	18	23	0,68	0,22	0,04	0,85	400,000	338,356	6090,403	2,342	1,171
38	<i>Cordia eriostigma</i>	Tutumbe	10	11	0,43	0,14	0,01	0,16	400,000	64,708	647,079	0,249	0,124
39	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotillo	27	15	0,87	0,28	0,06	0,90	460,000	415,389	11215,516	4,314	2,157
Total			1962										227,300

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 9b Stock de carbono de las 39 especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2012

CAPTURA DE CARBONO 2012													
Nº	Especie	Nombre común	XAba	Xh	XCircuferenciadeltronco	DAP	Área Basal	Volumen	Densidad deespecie	Biomasa Aerea	Σau	Biomasa Arbórea	ΔCBA
1	<i>Cupania cinerea</i>	Achotillo	19	11,46	0,28	0,09	0,01	0,07	140,000	10,005	190,086	0,073	0,037
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Amarillo	8	14,43	0,87	0,28	0,06	0,87	530,000	460,414	3683,313	1,417	0,708
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	303	16,93	1,08	0,34	0,09	1,57	400,000	628,250	190359,681	73,215	36,608
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	Bálsamo	10	18,94	0,65	0,21	0,03	0,64	350,000	222,763	2227,628	0,857	0,428
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	Beldaco	42	15,96	1,93	0,61	0,30	4,73	510,000	2411,491	101282,602	38,955	19,477
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	43	14,53	0,77	0,25	0,05	0,69	600,000	411,118	17678,062	6,799	3,400
7	<i>Machaerium millei</i>	Cabo de hacha	8	12,97	0,79	0,25	0,05	0,64	460,000	296,156	2369,244	0,911	0,456
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	Caimito	9	18,78	1,05	0,33	0,09	1,65	400,000	658,722	5928,496	2,280	1,140
9	<i>Prioria copaifera</i>	caltivo	21	15,01	0,67	0,21	0,04	0,54	570,000	305,473	6414,936	2,467	1,234
10	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado	10	13,32	0,69	0,22	0,04	0,50	450,000	226,977	2269,775	0,873	0,436
11	<i>Swietenia macrophylla King</i>	Caoba	6	23,57	1,28	0,41	0,13	3,07	400,000	1228,591	7371,547	2,835	1,418
12	<i>Erythrina velutina</i>	Caraca	42	8,78	0,57	0,18	0,03	0,23	900,000	204,199	8576,378	3,299	1,649
13	<i>castilla elastica</i>	Caucho	17	17,97	1,28	0,41	0,13	2,34	400,000	936,690	15923,730	6,125	3,062
14	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	67	16,43	1,08	0,34	0,09	1,52	810,000	1234,633	82720,429	31,816	15,908
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	30	5,21	0,35	0,11	0,01	0,05	560,000	28,427	852,807	0,328	0,164
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernán Sánchez	118	17	1,03	0,33	0,08	1,43	600,000	860,682	101560,425	39,062	19,531
17	<i>Muntingia calabura</i>	Frutillo	239	11,32	0,39	0,12	0,01	0,14	400,000	54,778	13091,862	5,035	2,518
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapeli	64	16	1,06	0,34	0,09	1,43	260,000	371,769	23793,203	9,151	4,576
19	<i>Cecropia peltata L.</i>	Guarumo	153	14	0,45	0,14	0,02	0,23	400,000	90,195	13799,786	5,308	2,654
20	<i>tababuia crysantha</i>	Guayacán	7	19	1,16	0,37	0,11	2,03	400,000	813,387	5693,712	2,190	1,095
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	Guazmo	139	14,56	1,25	0,40	0,12	1,81	400,000	723,784	100606,044	38,695	19,347
22	<i>Ocotea Sp</i>	Jigua	3	13,68	0,69	0,22	0,04	0,52	520,000	269,374	808,122	0,311	0,155
23	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	72	16,34	1,18	0,38	0,11	1,81	440,000	796,226	57328,307	22,049	11,025
24	<i>Sapium glandulosum</i>	Lechero	16	11,56	0,54	0,17	0,02	0,27	480,000	128,693	2059,086	0,792	0,396
25	<i>Alseise gersi</i>	Lengua de vaca	40	12,45	0,43	0,14	0,01	0,18	560,000	102,533	4101,306	1,577	0,789
26	<i>Caussapoa sp</i>	Matapalo	25	17	0,99	0,32	0,08	1,33	560,000	742,122	18553,046	7,136	3,568
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	15	9,43	0,37	0,12	0,01	0,10	600,000	61,608	924,114	0,355	0,178
28	<i>Magnolia honandezii</i>	Molinillo	11	10,69	1,02	0,32	0,08	0,88	400,000	353,839	3892,231	1,497	0,749
9	<i>Clarisia racemosa</i>	Moral bobo	22	22	1,2	0,38	0,11	2,52	680,000	1713,413	37695,078	14,498	7,249
30	<i>maclura tinctoria</i>	Moral fino	61	18,46	1,17	0,37	0,11	2,01	300,000	602,966	36780,903	14,147	7,073
31	<i>Phyllanthus juglandifoliur</i>	Mulato	13	13,57	1	0,32	0,08	1,08	400,000	431,726	5612,432	2,159	1,079
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	Naranjillo	25	17,16	0,92	0,29	0,07	1,16	400,000	462,084	11552,097	4,443	2,222
33	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	26	13,76	1,16	0,37	0,11	1,47	700,000	1030,862	26802,400	10,309	5,154
34	<i>Leucaena trichoder</i>	Pela caballo	17	10,37	0,65	0,21	0,03	0,35	630,000	219,540	3732,182	1,435	0,718
35	<i>Samanea saman</i>	Samán	104	15,78	1,88	0,60	0,28	4,44	630,000	2794,674	290646,078	111,787	55,893
36	<i>Trema michranta</i>	Sapan de paloma	11	8,72	0,37	0,12	0,01	0,09	400,000	37,979	417,773	0,161	0,080
37	<i>Clarisia biflora</i>	Tillo	19	23,35	0,72	0,23	0,04	0,96	400,000	385,106	7317,005	2,814	1,407
38	<i>Cordia eriostigma</i>	Tutumbe	12	11,32	0,48	0,15	0,02	0,21	400,000	82,977	995,722	0,383	0,191
39	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotillo	27	15,23	0,91	0,29	0,07	1,00	460,000	461,433	12458,684	4,792	2,396
Total			1874										236,167

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 9c: Stock de carbono de las 39 especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2013

CAPTURA DE CARBONO 2013													
Nº	Especie	Nombre común	ÅAba	Åh	ÅCircuferenciadeltronco	DAP	Área Basal	Volumen	Densidad de especie	Biomasa Aerea	Σau	Biomasa Arbórea	ΔCBA
1	<i>Cupania cinerea</i>	Achotillo	20	11,36	0,31	0,10	0,01	0,09	140,000	12,156	243,124	0,094	0,047
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Amarillo	10	15,01	0,92	0,29	0,07	1,01	530,000	535,550	5355,501	2,060	1,030
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	302	17,12	1,12	0,36	0,10	1,71	400,000	683,231	206335,816	79,360	39,680
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	Bálsamo	6	19,12	0,68	0,22	0,04	0,70	350,000	246,117	1476,702	0,568	0,284
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	Beldaco	34	16,06	1,96	0,62	0,31	4,91	510,000	2502,625	85089,242	32,727	16,363
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	43	14,98	0,82	0,26	0,05	0,80	600,000	480,683	20669,364	7,950	3,975
7	<i>Machaerium millei</i>	Cabo de hacha	11	13,23	0,82	0,26	0,05	0,71	460,000	325,472	3580,189	1,377	0,688
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	Caimito	9	19,01	1,09	0,35	0,09	1,80	400,000	718,560	6467,039	2,487	1,244
9	<i>Prioria copaifera</i>	caltivo	21	15,34	0,71	0,23	0,04	0,62	570,000	350,578	7362,140	2,832	1,416
10	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado	16	13,76	0,72	0,23	0,04	0,57	450,000	255,308	4084,922	1,571	0,786
11	<i>Swietenia macrophylla King</i>	Caoba	6	24,12	1,34	0,43	0,14	3,44	400,000	1377,891	8267,344	3,180	1,590
12	<i>Erythrina velutina</i>	Caraca	28	9,21	0,63	0,20	0,03	0,29	900,000	261,668	7326,712	2,818	1,409
13	<i>castilla elastica</i>	Caucho	19	18,03	1,32	0,42	0,14	2,50	400,000	999,474	18990,004	7,304	3,652
14	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	54	16,91	1,12	0,36	0,10	1,69	810,000	1366,572	73794,894	28,383	14,191
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	47	5,74	0,39	0,12	0,01	0,07	560,000	38,886	1827,658	0,703	0,351
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernán Sánchez	113	18	1,07	0,34	0,09	1,64	600,000	983,466	111131,617	42,743	21,371
17	<i>Muntingia calabura</i>	Frutillo	234	11,36	0,43	0,14	0,01	0,17	400,000	66,826	15637,199	6,014	3,007
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapelí	46	16,63	1,1	0,35	0,10	1,60	260,000	416,120	19141,531	7,362	3,681
19	<i>Cecropia peltata L.</i>	Guarumo	159	14,2	0,51	0,16	0,02	0,29	400,000	117,505	18683,305	7,186	3,593
20	<i>tababuia crysantha</i>	Guayacán	9	20	1,21	0,39	0,12	2,33	400,000	931,598	8384,383	3,225	1,612
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	Guazmo	135	14,94	1,28	0,41	0,13	1,95	400,000	778,751	105131,334	40,435	20,218
22	<i>Ocotea Sp</i>	Jigua	5	14,01	0,73	0,23	0,04	0,59	520,000	308,784	1543,921	0,594	0,297
23	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	53	16,72	1,24	0,39	0,12	2,04	440,000	899,705	47684,372	18,340	9,170
24	<i>Sapium glandulosum</i>	Lechero	15	11,98	0,59	0,19	0,03	0,33	480,000	159,210	2388,148	0,919	0,459
25	<i>Alseise gersi</i>	Lengua de vaca	34	12,76	0,48	0,15	0,02	0,23	560,000	130,945	4452,131	1,712	0,856
26	<i>Caussapoa sp</i>	Matapalo	21	17,67	1,05	0,33	0,09	1,55	560,000	867,703	18221,761	7,008	3,504
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	16	9,93	0,42	0,13	0,01	0,14	600,000	83,592	1337,479	0,514	0,257
28	<i>Magnolia honandezii</i>	Molinillo	10	11,02	1,07	0,34	0,09	1,00	400,000	401,400	4013,997	1,544	0,772
9	<i>Clarisia racemosa</i>	Moral bobo	16	22,72	1,24	0,39	0,12	2,78	680,000	1889,420	30230,719	11,627	5,814
30	<i>maclura tinctoria</i>	Moral fino	45	18,93	1,21	0,39	0,12	2,20	300,000	661,318	29759,320	11,446	5,723
31	<i>Phyllanthus juglandifoliur</i>	Mulato	6	13,99	1,05	0,33	0,09	1,23	400,000	490,709	2944,255	1,132	0,566
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	Naranjillo	19	17,58	0,97	0,31	0,07	1,32	400,000	526,248	9998,706	3,846	1,923
33	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	19	14	1,21	0,39	0,12	1,63	700,000	1141,208	21682,946	8,340	4,170
34	<i>Leucaena trichoder</i>	Pela caballo	14	10,72	0,71	0,23	0,04	0,43	630,000	270,782	3790,949	1,458	0,729
35	<i>Samanea saman</i>	Samán	77	16,24	1,94	0,62	0,30	4,86	630,000	3062,654	235824,346	90,702	45,351
36	<i>Trema michranta</i>	Sapan de paloma	17	8,99	0,41	0,13	0,01	0,12	400,000	48,079	817,343	0,314	0,157
37	<i>Clarisia biflora</i>	Tillo	15	24	0,78	0,25	0,05	1,16	400,000	464,546	6968,183	2,680	1,340
38	<i>Cordia eristigma</i>	Tutumbe	10	11,67	0,51	0,16	0,02	0,24	400,000	96,569	965,693	0,371	0,186
39	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotillo	17	15,68	0,95	0,30	0,07	1,13	460,000	517,749	8801,727	3,385	1,693
Total			1731										223,155

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 9d: Stock de carbono de las 39 especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2014.

CAPTURA DE CARBONO 2014													
Nº	Especie	Nombre común	ÁbA	h	Circunferencia del tronco	DAP	Área Basal	Volumen	Densidad de especie	Biomasa Aerea	Σa	Biomasa Arbórea	ΔCBA
1	<i>Cupania cinerea</i>	Achotillo	19	12,5	0,35	0,11	0,01	0,12	140,000	17,051	323,963	0,125	0,062
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Amarillo	17	16	0,97	0,31	0,07	1,20	530,000	634,610	10788,377	4,149	2,075
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	260	17,23	1,16	0,37	0,11	1,84	400,000	737,614	191779,630	73,761	36,881
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	Bálsamo	2	19,47	0,73	0,23	0,04	0,83	350,000	288,834	577,667	0,222	0,111
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	Beldaco	29	16,49	2	0,64	0,32	5,25	510,000	2675,585	77591,956	29,843	14,922
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	39	15,23	0,86	0,27	0,06	0,90	600,000	537,546	20964,309	8,063	4,032
7	<i>Machaerium millei</i>	Cabo de hacha	16	13,76	0,87	0,28	0,06	0,83	460,000	381,051	6096,810	2,345	1,172
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	Caimito	7	19,34	1,14	0,36	0,10	2,00	400,000	799,639	5597,474	2,153	1,076
9	<i>Prioria copaifera</i>	caltivo	21	16	0,76	0,24	0,05	0,74	570,000	418,977	8798,511	3,384	1,692
10	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado	22	13,92	0,78	0,25	0,05	0,67	450,000	303,116	6668,552	2,565	1,282
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	5	24,68	1,4	0,45	0,16	3,85	400,000	1538,966	7694,831	2,960	1,480
12	<i>Erythrina velutina</i>	Caraca	22	9,79	0,69	0,22	0,04	0,37	900,000	333,650	7340,302	2,823	1,412
13	<i>castilla elastica</i>	Caucho	22	18,57	1,35	0,43	0,14	2,69	400,000	1076,731	23688,087	9,111	4,555
14	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	57	18,21	1,18	0,38	0,11	2,02	810,000	1633,529	93111,155	35,812	17,906
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	60	5,86	0,45	0,14	0,02	0,09	560,000	52,854	3171,245	1,220	0,610
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernán Sánchez	113	18,5	1,12	0,36	0,10	1,85	600,000	1107,457	125142,650	48,132	24,066
17	<i>Muntingia calabura</i>	Frutillo	218	11,64	0,49	0,16	0,02	0,22	400,000	88,915	19383,380	7,455	3,728
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapeli	48	17,21	1,16	0,37	0,11	1,84	260,000	478,893	22986,842	8,841	4,421
19	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo	148	14,85	0,56	0,18	0,02	0,37	400,000	148,160	21927,650	8,434	4,217
20	<i>tabebuia crisantha</i>	Guayacán	9	21	1,26	0,40	0,13	2,65	400,000	1060,689	9546,205	3,672	1,836
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	Guazmo	107	15,04	1,29	0,41	0,13	1,99	400,000	796,260	85199,865	32,769	16,385
22	<i>Ocotea</i> Sp	Jigua	5	14,65	0,78	0,25	0,05	0,71	520,000	368,636	1843,181	0,709	0,354
23	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	39	17	1,29	0,41	0,13	2,25	440,000	990,031	38611,218	14,850	7,425
24	<i>Sapium glandulosum</i>	Lechero	18	12,1	0,63	0,20	0,03	0,38	480,000	183,348	3300,260	1,269	0,635
25	<i>Alseise gersi</i>	Lengua de vaca	34	13	0,52	0,17	0,02	0,28	560,000	156,569	5323,348	2,047	1,024
26	<i>Caussapoa</i> sp	Matapalo	16	18	1,11	0,35	0,10	1,76	560,000	987,812	15804,995	6,079	3,039
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	16	10,12	0,46	0,15	0,02	0,17	600,000	102,192	1635,066	0,629	0,314
28	<i>Magnolia honandezii</i>	Molinillo	11	11,46	1,11	0,35	0,10	1,12	400,000	449,219	4941,413	1,901	0,950
9	<i>Clarisia racemosa</i>	Moral bobo	16	23	1,28	0,41	0,13	3,00	680,000	2038,096	32609,531	12,542	6,271
30	<i>maclura tinctoria</i>	Moral fino	34	19,16	1,26	0,40	0,13	2,42	300,000	725,815	24677,698	9,491	4,746
31	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>	Mulato	5	14,36	1,09	0,35	0,09	1,36	400,000	542,794	2713,972	1,044	0,522
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	Naranjillo	16	18	1,02	0,32	0,08	1,49	400,000	595,800	9532,805	3,666	1,833
33	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	12	14,48	1,26	0,40	0,13	1,83	700,000	1279,899	15358,783	5,907	2,954
34	<i>Leucaena trichoder</i>	Pela caballo	13	10,98	0,77	0,25	0,05	0,52	630,000	326,206	4240,681	1,631	0,816
35	<i>Samanea saman</i>	Samán	74	16,85	1,99	0,63	0,31	5,31	630,000	3343,601	247426,498	95,164	47,582
36	<i>Trema michranta</i>	Sapan de paloma	29	9,18	0,46	0,15	0,02	0,15	400,000	61,800	1792,191	0,689	0,345
37	<i>Clarisia biflora</i>	Tillo	16	24,67	0,83	0,26	0,05	1,35	400,000	540,696	8651,137	3,327	1,664
38	<i>Cordia eriostigma</i>	Tutumbe	10	11,97	0,57	0,18	0,03	0,31	400,000	123,729	1237,291	0,476	0,238
39	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotillo	10	16	0,99	0,32	0,08	1,25	460,000	573,741	5737,413	2,207	1,103
Total			1615										225,734

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 9e: Stock de carbono de las 39 especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2015.

CAPTURA DE CARBONO 2015													
Nº	Especie	Nombre común	Área	h	Circunferencia del tronco	DAP	Área Basal	Volumen	Densidad de especie	Biomasa Aérea	Σau	Biomasa Arbórea	ΔCBA
1	<i>Cupania cinerea</i>	Achotillo	16	13,24	0,39	0,12	0,01	0,16	140,000	22,424	358,784	0,138	0,069
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Amarillo	17	16,22	1,03	0,33	0,08	1,37	530,000	725,386	12331,559	4,743	2,371
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	196	17,67	1,2	0,38	0,11	2,02	400,000	809,519	158665,675	61,025	30,513
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	Bálsamo	1	20,03	0,78	0,25	0,05	0,97	350,000	339,239	339,239	0,130	0,065
5	<i>Ceiba trichandra</i>	Beldaco	26	17,02	2,03	0,65	0,33	5,58	510,000	2845,049	73971,263	28,450	14,225
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	38	15,79	0,91	0,29	0,07	1,04	600,000	623,999	23711,970	9,120	4,560
7	<i>Machaerium millei</i>	Cabo de hacha	15	14,04	0,91	0,29	0,07	0,92	460,000	425,379	6380,679	2,454	1,227
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	Caimito	6	19,81	1,19	0,38	0,11	2,23	400,000	892,496	5354,976	2,060	1,030
9	<i>Prioria copaifera</i>	callivo	18	16,57	0,83	0,26	0,05	0,91	570,000	517,513	9315,238	3,583	1,791
10	<i>Cupania dentata</i>	Canilladevenado	23	14,15	0,83	0,26	0,05	0,78	450,000	348,894	8024,553	3,086	1,543
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	4	25,03	1,45	0,46	0,17	4,19	400,000	1674,267	6697,068	2,576	1,288
12	<i>Erythrina velutina</i>	Caraca	23	10,04	0,73	0,23	0,04	0,43	900,000	382,992	8808,818	3,388	1,694
13	<i>castilla elastica</i>	Caucho	26	19	1,39	0,44	0,15	2,92	400,000	1167,915	30365,779	11,679	5,840
14	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	61	18,67	1,23	0,39	0,12	2,25	810,000	1819,732	111003,654	42,694	21,347
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	59	5,91	0,48	0,15	0,02	0,11	560,000	60,649	3578,309	1,376	0,688
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernán Sánchez	109	19	1,16	0,37	0,11	2,03	600,000	1220,081	132988,843	51,150	25,575
17	<i>Muntingia calabura</i>	Frutillo	192	11,83	0,52	0,17	0,02	0,25	400,000	101,770	19539,819	7,515	3,758
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapeli	41	18,2	1,2	0,38	0,11	2,08	260,000	541,970	22220,763	8,546	4,273
19	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo	135	16	0,6	0,19	0,03	0,46	400,000	183,253	24739,113	9,515	4,758
20	<i>tabebuia crysantha</i>	Guayacán	7	22,1	1,31	0,42	0,14	3,02	400,000	1206,598	8446,189	3,249	1,624
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	Guazmo	80	15,78	1,31	0,42	0,14	2,15	400,000	861,544	68923,520	26,509	13,255
22	<i>Ocotea</i> Sp	Jigua	5	14,98	0,81	0,26	0,05	0,78	520,000	406,493	2032,465	0,782	0,391
23	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	35	17,34	1,35	0,43	0,14	2,51	440,000	1105,954	38708,401	14,888	7,444
24	<i>Sapium glandulosum</i>	Lechero	18	12,69	0,69	0,22	0,04	0,48	480,000	230,658	4151,848	1,597	0,798
25	<i>Alseise gersi</i>	Lengua de vaca	35	13,35	0,56	0,18	0,02	0,33	560,000	186,472	6526,514	2,510	1,255
26	<i>Caussapoa</i> sp	Matapalo	8	18,61	1,18	0,38	0,11	2,06	560,000	1154,161	9233,286	3,551	1,776
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	14	10,47	0,5	0,16	0,02	0,21	600,000	124,912	1748,775	0,673	0,336
28	<i>Magnolia honandezii</i>	Molinillo	10	11,89	1,16	0,37	0,11	1,27	400,000	509,009	5090,093	1,958	0,979
9	<i>Clarisia racemosa</i>	Moral bobo	12	24	1,35	0,43	0,14	3,48	680,000	2365,678	28388,132	10,919	5,459
30	<i>maclura tinctoria</i>	Moral fino	30	19,74	1,3	0,41	0,13	2,65	300,000	796,018	23880,545	9,185	4,592
31	<i>Phyllanthus juglandifolius</i>	Mulato	3	14,79	1,13	0,36	0,10	1,50	400,000	600,832	1802,495	0,693	0,347
32	<i>Aspidosperma myrsiticifolium</i>	Naranjillo	16	18,45	1,08	0,34	0,09	1,71	400,000	684,655	10954,479	4,213	2,107
33	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	5	14	1,29	0,41	0,13	1,85	700,000	1297,100	6485,499	2,494	1,247
34	<i>Leucaena trichoder</i>	Pela caballo	12	11,26	0,81	0,26	0,05	0,59	630,000	370,183	4442,200	1,709	0,854
35	<i>Samanea saman</i>	Samán	74	17,13	2,03	0,65	0,33	5,61	630,000	3537,186	261751,747	100,674	50,337
36	<i>Trema michranta</i>	Sapan de paloma	33	9,47	0,51	0,16	0,02	0,20	400,000	78,364	2586,022	0,995	0,497
37	<i>Clarisia biflora</i>	Tillo	15	24,97	0,89	0,28	0,06	1,57	400,000	629,255	9438,820	3,630	1,815
38	<i>Cordia eriostigma</i>	Tutumbe	8	12,21	0,61	0,19	0,03	0,36	400,000	144,545	1156,360	0,445	0,222
39	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotillo	5	16,46	1,03	0,33	0,08	1,39	460,000	638,896	3194,479	1,229	0,614
Total			1431										222,565

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 9f: Stock de carbono de las 39 especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2016.

CAPTURA DE CARBONO 2016													
Nº	Especie	Nombre común	̄Aba	̄h	̄Circunferencia del tronco	DAP	Área Basal	Volumen	Densidad de especie	Biomasa Aerea	Σau	Biomasa Arbórea	ΔCBA
1	<i>Cupania cinerea</i>	Achotillo	19	11,46	0,28	0,09	0,01	0,07	140,000	10,005	190,086	0,073	0,037
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Amarillo	8	14,43	0,87	0,28	0,06	0,87	530,000	460,414	3683,313	1,417	0,708
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	303	16,93	1,08	0,34	0,09	1,57	400,000	628,250	190359,681	73,215	36,608
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	Bálsamo	10	18,94	0,65	0,21	0,03	0,64	350,000	222,763	2227,628	0,857	0,428
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	Beldaco	42	15,96	1,93	0,61	0,30	4,73	510,000	2411,491	101282,602	38,955	19,477
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	43	14,53	0,77	0,25	0,05	0,69	600,000	411,118	17678,062	6,799	3,400
7	<i>Machaerium millei</i>	Cabo de hacha	8	12,97	0,79	0,25	0,05	0,64	460,000	296,156	2369,244	0,911	0,456
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	Caimito	9	18,78	1,05	0,33	0,09	1,65	400,000	658,722	5928,496	2,280	1,140
9	<i>Prioria copaifera</i>	caltivo	21	15,01	0,67	0,21	0,04	0,54	570,000	305,473	6414,936	2,467	1,234
10	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado	10	13,32	0,69	0,22	0,04	0,50	450,000	226,977	2269,775	0,873	0,436
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	6	23,57	1,28	0,41	0,13	3,07	400,000	1228,591	7371,547	2,835	1,418
12	<i>Erythrina velutina</i>	Caraca	42	8,78	0,57	0,18	0,03	0,23	900,000	204,199	8576,378	3,299	1,649
13	<i>castilla elastica</i>	Caucho	17	17,97	1,28	0,41	0,13	2,34	400,000	936,690	15923,730	6,125	3,062
14	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	67	16,43	1,08	0,34	0,09	1,52	810,000	1234,633	82720,429	31,816	15,908
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	30	5,21	0,35	0,11	0,01	0,05	560,000	28,427	852,807	0,328	0,164
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernán Sánchez	118	17	1,03	0,33	0,08	1,43	600,000	860,682	101560,425	39,062	19,531
17	<i>Muntingia calabura</i>	Frutillo	239	11,32	0,39	0,12	0,01	0,14	400,000	54,778	13091,862	5,035	2,518
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guachapeli	64	16	1,06	0,34	0,09	1,43	260,000	371,769	23793,203	9,151	4,576
19	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo	153	14	0,45	0,14	0,02	0,23	400,000	90,195	13799,786	5,308	2,654
20	<i>tabebuia crysantha</i>	Guayacán	7	19	1,16	0,37	0,11	2,03	400,000	813,387	5693,712	2,190	1,095
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	Guazmo	139	14,56	1,25	0,40	0,12	1,81	400,000	723,784	100606,044	38,695	19,347
22	<i>Ocotea</i> Sp	Jigua	3	13,68	0,69	0,22	0,04	0,52	520,000	269,374	808,122	0,311	0,155
23	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	72	16,34	1,18	0,38	0,11	1,81	440,000	796,226	57328,307	22,049	11,025
24	<i>Sapium glandulosum</i>	Lechero	16	11,56	0,54	0,17	0,02	0,27	480,000	128,693	2059,086	0,792	0,396
25	<i>Alseise gersi</i>	Lengua de vaca	40	12,45	0,43	0,14	0,01	0,18	560,000	102,533	4101,306	1,577	0,789
26	<i>Caussapoa</i> sp	Matapalo	25	17	0,99	0,32	0,08	1,33	560,000	742,122	18553,046	7,136	3,568
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	15	9,43	0,37	0,12	0,01	0,10	600,000	61,608	924,114	0,355	0,178
28	<i>Magnolia honandezii</i>	Molinillo	11	10,69	1,02	0,32	0,08	0,88	400,000	353,839	3892,231	1,497	0,749
9	<i>Clarisia racemosa</i>	Moral bobo	22	22	1,2	0,38	0,11	2,52	680,000	1713,413	37695,078	14,498	7,249
30	<i>maclura tinctoria</i>	Moral fino	61	18,46	1,17	0,37	0,11	2,01	300,000	602,966	36780,903	14,147	7,073
31	<i>Phyllanthus juglandifoliur</i>	Mulato	13	13,57	1	0,32	0,08	1,08	400,000	431,726	5612,432	2,159	1,079
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	Naranjillo	25	17,16	0,92	0,29	0,07	1,16	400,000	462,084	11552,097	4,443	2,222
33	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	26	13,76	1,16	0,37	0,11	1,47	700,000	1030,862	26802,400	10,309	5,154
34	<i>Leucaena trichoder</i>	Pela caballo	17	10,37	0,65	0,21	0,03	0,35	630,000	219,540	3732,182	1,435	0,718
35	<i>Samanea saman</i>	Samán	104	15,78	1,88	0,60	0,28	4,44	630,000	2794,674	290646,078	111,787	55,893
36	<i>Trema michranta</i>	Sapan de paloma	11	8,72	0,37	0,12	0,01	0,09	400,000	37,979	417,773	0,161	0,080
37	<i>Clarisia biflora</i>	Tillo	19	23,35	0,72	0,23	0,04	0,96	400,000	385,106	7317,005	2,814	1,407
38	<i>Cordia eriostigma</i>	Tutumbe	12	11,32	0,48	0,15	0,02	0,21	400,000	82,977	995,722	0,383	0,191
39	<i>Manilkara zapota</i>	Zapotillo	27	15,23	0,91	0,29	0,07	1,00	460,000	461,433	12458,684	4,792	2,396
Total			1874										236,167

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 10: Variabilidad temporal de los individuos de las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2016.

Nº	Nombre científico	2011*	2016	Pérdidas	% Pérdidas
1	Cupania cinerea	25	13	12	1,45
2	Ochroma pyramidale	308	166	142	17,17
3	Myroxylon pereirae	12	1	11	1,33
4	Ceiba trichistandra	47	24	23	2,78
5	Cochlospermum vitifolium	45	34	11	1,33
6	Chrysophyllum argenteum	10	3	7	0,85
7	Prioria copaifera	27	12	15	1,81
8	Swietenia macrophylla King	9	4	5	0,60
9	Erythrina velutina	50	23	27	3,26
10	Cedrela fissilis	68	62	6	0,73
11	Triplaris guayaquilensis	124	96	28	3,39
12	Muntingia calabura	242	138	104	12,58
13	Pseudosamanea guachapele	69	37	32	3,87
14	Cecropia peltata L.	160	96	64	7,74
15	Tabebuia chrysantha	9	4	5	0,60
16	Guazuma ulmifolia	153	75	78	9,43
17	Cordia alliodora	79	32	47	5,68
18	Alseise gersi	48	35	13	1,57
19	Caussapoa sp	24	3	21	2,54
20	Gustavia angustifolia	12	11	1	0,12
21	Magnolia honandezii	10	9	1	0,12
22	Clarisia racemosa	18	12	6	0,73
23	Maclura tinctoria	63	29	34	4,11
24	Phyllanthus juglandifolius	8	1	7	0,85
25	Aspidosperma myristicifolium	25	14	11	1,33
26	Vitex gigantea	27	5	22	2,66
27	Leucaena trichodes	16	12	4	0,48
28	Samanea saman	121	62	59	7,13
29	Clarisia biflora	18	15	3	0,36
30	Cordia eriostigma	10	6	4	0,48
31	Manilkara zapota	27	3	24	2,90
	Totales	1962	1258	827	100
* Año Base					

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 11 Especies, individuos y stock de carbono de las familias arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2016

Nº F	Familias	Especies	Individuos	ΔCBA	%ΔCBA
1	Malvaceae	3	405	67,62	29,96
2	Fabaceae	7	219	60,14	26,64
3	Muntingiaceae	1	211	3,01	1,33
4	Urticaceae	1	142	3,59	1,59
5	Moraceae	5	114	20,39	9,03
6	Polygonaceae	1	112	22,30	9,88
7	Meliaceae	2	68	19,43	8,61
8	Boraginaceae	2	61	9,05	4,01
9	Asteraceae	1	48	0,47	0,21
10	Bixaceae	1	40	3,94	1,75
11	Proteaceae	1	38	1,04	0,46
12	Sapotaceae	2	22	2,42	1,07
13	Cannabaceae	1	22	0,30	0,13
14	Bignoniaceae	2	21	3,01	1,33
15	Acanthaceae	1	19	2,01	0,89
16	Sapindaceae.	1	19	1,14	0,51
17	Verbenaceae	1	19	0,05	0,02
18	Euphorbiaceae	1	17	0,60	0,27
19	Lamiaceae	1	16	3,29	1,46
20	Lecythidaceae	1	14	0,25	0,11
21	Magnoliaceae	1	10	0,84	0,37
22	Phyllanthaceae	1	6	0,54	0,24
23	Lauraceae	1	4	0,29	0,13
S=38	Totales	39	1647	225,73	100,00

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 12: Datos para correlación entre riqueza, biomasa, abundancia y stock, en los 26 transectos en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2016.

Transectos	Δ CBAs	S	Biomasa	Abundancia
T1	13,482	23	74,123	94
T2	9,270	20	46,290	69
T3	9,827	22	53,806	64
T4	9,055	19	49,731	69
T5	15,655	24	85,625	93
T6	6,749	20	37,017	57
T7	10,131	21	55,789	78
T8	9,177	23	50,114	65
T9	13,915	21	70,601	84
T10	8,143	22	48,905	64
T11	14,836	23	81,352	92
T12	9,959	25	54,663	73
T13	10,140	16	55,302	55
T14	5,100	16	28,126	48
T15	10,359	21	56,576	75
T16	14,330	26	78,150	87
T17	10,971	25	60,157	80
T18	7,758	22	42,820	76
T19	8,233	19	44,961	54
T20	13,962	17	76,583	92
T21	9,358	23	51,460	81
T22	7,184	25	39,609	64
T23	11,531	22	63,130	94
T24	14,739	19	80,665	94
T25	11,851	23	64,972	84
T26	12,353	22	67,545	76

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 13: Datos de biomasa para las especies arbóreas en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, 2016.

Nº Sp	Nombre científico	Años						X Biomasa Kg
		AB	2011	2102	2013	2014	2015	2016
1	<i>Cupania cinerea</i>	19	7,527	10,005	12,156	17,051	22,424	28,481
2	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	13	396,825	460,414	535,550	634,610	725,386	813,255
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	256	555,224	628,250	683,231	737,614	809,519	867,347
4	<i>Myroxylon pereirae</i>	5	199,785	222,763	246,117	288,834	339,239	384,846
5	<i>Ceiba trichistandra</i>	34	2271,997	2411,491	2502,625	2675,585	2845,049	3058,878
6	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	40	346,348	411,118	480,683	537,546	623,999	717,978
7	<i>Machaerium millei</i>	13	258,487	296,156	325,472	381,051	425,379	478,128
8	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	7	568,440	658,722	718,560	799,639	892,496	964,093
9	<i>Prioria copaifera</i>	20	251,914	305,473	350,578	418,977	517,513	624,276
10	<i>Cupania dentata</i>	19	190,583	226,977	255,308	303,116	348,894	414,768
11	<i>Swietenia macrophylla King</i>	6	1108,009	1228,591	1377,891	1538,966	1674,267	1835,390
12	<i>Erythrina velutina</i>	31	159,494	204,199	261,668	333,650	382,992	452,852
13	<i>Castilla elastica</i>	22	839,911	936,690	999,474	1076,731	1167,915	1283,795
14	<i>Cedrela fissilis</i>	62	1077,132	1234,633	1366,572	1633,529	1819,732	2017,678
15	<i>Baccharis salicifolia</i>	48	21,402	28,427	38,886	52,854	60,649	75,069
16	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	112	733,316	860,682	983,466	1107,457	1220,081	1397,397
17	<i>Muntingia calabura</i>	211	40,456	54,778	66,826	88,915	101,770	119,426
18	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	51	327,243	371,769	416,120	478,893	541,970	613,998
19	<i>Cecropia peltata L.</i>	142	72,957	90,195	117,505	148,160	183,253	221,532
20	<i>tabebuia crysantha</i>	8	692,924	813,387	931,598	1060,689	1206,598	1306,190
21	<i>Guazuma ulmofolia</i>	115	673,854	723,784	778,751	796,260	861,544	888,052
22	<i>Ocotea Sp</i>	4	234,504	269,374	308,784	368,636	406,493	465,874
23	<i>Cordia alliodora</i>	52	714,986	796,226	899,705	990,031	1105,954	1172,316
24	<i>Sapium glandulosum</i>	17	102,939	128,693	159,210	183,348	230,658	264,890
25	<i>Alseise gersi</i>	38	81,295	102,533	130,945	156,569	186,472	228,881
26	<i>Caussapoa sp</i>	16	643,166	742,122	867,703	987,812	1154,161	1288,096
27	<i>Gustavia angustifolia</i>	14	41,275	61,608	83,592	102,192	124,912	162,676
28	<i>Magnolia honandezii</i>	10	306,229	353,839	401,400	449,219	509,009	565,480
9	<i>Clarisia racemosa</i>	16	1502,076	1713,413	1889,420	2038,096	2365,678	2634,396
30	<i>maclura tinctoria</i>	44	558,176	602,966	661,318	725,815	796,018	844,155
31	<i>Phyllanthus juglandifoliur</i>	6	381,166	431,726	490,709	542,794	600,832	676,243
32	<i>Aspidosperma myristicifolium</i>	19	409,369	462,084	526,248	595,800	684,655	755,066
33	<i>Vitex gigantea</i>	16	922,582	1030,862	1141,208	1279,899	1297,100	1483,575
34	<i>Leucaena trichoder</i>	14	192,616	219,540	270,782	326,206	370,183	438,420
35	<i>Samanea saman</i>	85	2555,704	2794,674	3062,654	3343,601	3537,186	3869,753
36	<i>Trema michranta</i>	22	30,268	37,979	48,079	61,800	78,364	92,772
37	<i>Clarisia biflora</i>	16	338,356	385,106	464,546	540,696	629,255	717,819
38	<i>Cordia eriostigma</i>	9	64,708	82,977	96,569	123,729	144,545	167,583
39	<i>Manilkara zapota</i>	15	415,389	461,433	517,749	573,741	638,896	724,621

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 14: Stock de carbono de las especies arbóreas, en los seis años de estudio en los 26 transectos.

TRANSECTO	Años						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	ΔCBA
T1	10,90	12,28	13,65	15,15	16,63	12,28	13,48
T2	6,80	7,65	13,65	9,46	10,42	7,65	9,27
T3	8,06	8,98	9,96	10,99	11,99	8,98	9,83
T4	7,33	8,21	9,13	10,20	11,24	8,21	9,05
T5	12,89	14,40	15,80	17,38	19,04	14,40	15,65
T6	5,50	6,15	6,81	7,58	8,30	6,15	6,75
T7	8,13	9,19	10,27	11,44	12,58	9,19	10,13
T8	7,64	8,43	9,23	10,19	11,14	8,43	9,18
T9	11,50	12,78	14,09	15,49	16,85	12,78	13,91
T10	7,23	8,12	7,23	7,23	10,93	8,12	8,14
T11	12,05	13,53	15,01	16,70	18,19	13,53	14,84
T12	8,11	9,10	10,06	11,13	12,26	9,10	9,96
T13	8,48	9,36	10,22	11,25	12,18	9,36	10,14
T14	4,06	4,58	5,14	5,81	6,42	4,58	5,10
T15	8,58	9,53	10,44	11,51	12,55	9,53	10,36
T16	12,00	13,23	14,43	15,86	17,22	13,23	14,33
T17	9,00	10,05	11,06	12,22	13,44	10,05	10,97
T18	6,19	7,00	7,84	8,78	9,73	7,00	7,76
T19	6,82	7,56	8,31	9,15	9,99	7,56	8,23
T20	11,36	12,77	14,16	15,59	17,12	12,77	13,96
T21	7,55	8,51	9,46	10,49	11,64	8,51	9,36
T22	5,77	6,48	7,27	8,13	8,97	6,48	7,18
T23	9,40	10,56	11,68	12,89	14,08	10,56	11,53
T24	12,10	13,54	14,95	16,39	17,92	13,54	14,74
T25	9,65	10,86	12,00	13,22	14,53	10,86	11,85
T26	10,18	11,34	12,45	13,77	15,03	11,34	12,35

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 15: Biomasa de las especies arbóreas en los seis años de estudio en los 26 transectos.

TRANSECTO	Años						BIOMASA
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
T1	56,67	63,85	71,00	71,00	86,45	95,76	74,12
T2	35,34	39,77	44,34	44,34	54,16	59,78	46,29
T3	41,92	46,71	51,77	51,77	62,33	68,34	53,81
T4	38,14	42,69	47,50	47,50	58,46	64,10	49,73
T5	67,04	74,90	82,17	82,17	99,02	108,45	85,63
T6	28,59	31,98	35,43	35,43	43,17	47,49	37,02
T7	42,26	47,78	53,38	53,38	65,40	72,53	55,79
T8	39,74	43,85	47,98	47,98	57,93	63,21	50,11
T9	59,80	66,45	73,27	73,27	87,61	63,21	70,60
T10	37,58	42,24	47,06	47,06	56,86	62,64	48,91
T11	62,67	70,34	78,07	78,07	94,60	104,37	81,35
T12	42,19	47,30	52,32	52,32	63,73	70,12	54,66
T13	44,09	48,65	53,16	53,16	63,34	69,41	55,30
T14	21,11	23,83	26,75	26,75	33,36	36,95	28,13
T15	44,64	49,57	54,28	54,28	65,27	71,41	56,58
T16	62,42	68,80	75,04	75,04	89,55	98,04	78,15
T17	46,82	52,25	57,54	57,54	69,89	76,91	60,16
T18	32,17	36,42	40,78	40,78	50,61	56,16	42,82
T19	35,47	39,31	43,22	43,22	51,95	56,57	44,96
T20	59,06	66,42	73,61	73,61	89,00	97,79	76,58
T21	39,28	44,23	49,17	49,17	60,52	66,38	51,46
T22	30,03	33,68	37,80	37,80	46,67	51,68	39,61
T23	48,89	54,93	60,75	60,75	73,21	80,25	63,13
T24	62,90	70,38	77,75	77,75	93,20	102,00	80,67
T25	50,18	56,45	62,38	62,38	75,58	82,87	64,97
T26	52,95	58,98	64,75	64,75	78,17	85,66	67,55

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 16: Riqueza de las especies arbóreas en los seis años de estudio en los 26 transectos.

TRANSECTO	Años						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	S
T1	23	23	23	23	23	23	23
T2	20	20	20	20	20	20	20
T3	22	22	22	22	22	22	22
T4	19	19	19	19	19	19	19
T5	24	24	24	24	24	24	24
T6	20	20	20	20	20	20	20
T7	21	21	21	21	21	21	21
T8	23	23	23	23	23	23	23
T9	21	21	21	21	21	21	21
T10	22	22	22	22	22	22	22
T11	23	23	23	23	23	23	23
T12	25	25	25	25	25	25	25
T13	16	16	16	16	16	16	16
T14	16	16	16	16	16	16	16
T15	21	21	21	21	21	21	21
T16	26	26	26	26	26	26	26
T17	25	25	25	25	25	25	25
T18	22	22	22	22	22	22	22
T19	19	19	19	19	19	19	19
T20	17	17	17	17	17	17	17
T21	23	23	23	23	23	23	23
T22	25	25	25	25	25	25	25
T23	22	22	22	22	22	22	22
T24	19	19	19	19	19	19	19
T25	23	23	23	23	23	23	23
T26	22	22	22	22	22	22	22

Fuente. (Elaboración propia).

Anexo 17: Pruebas de análisis de variabilidad de los individuos e índices de diversidad arbórea, mediante el estadístico de prueba ^a,

^b Kruskal Wallis (2011 al 2016)

Año	Descripción	N	Rango promedio	Kruskal Wallis
2011	Individuos	26	116,19	
2012		26	94,13	
2013		26	93,73	
2014		26	78,83	
2015		26	51,67	
2016		26	36,44	
2011-2016		156		,000
	Shannon			
2011		26	78,46	
2012		26	63,17	
2013		26	77,21	
2014		26	83,96	
2015		26	84,10	
2016		26	84,10	
2011-2016		156		,522
	Simpson			
2011		26	76,88	
2012		26	75,50	
2013		26	79,31	
2014		26	75,50	
2015		26	94,33	
2016		26	69,48	,480
2011-2016		156		
	Pielou			
2011		26	60,62	
2012		26	73,38	
2013		26	62,40	
2014		26	85,21	
2015		26	102,19	
2016		26	87,19	
2011-2016		156		,006

Anexo 18: Pruebas de análisis de variabilidad del stock de carbono de la diversidad arbórea de la sub-cuenca del carrizal, mediante el estadístico de prueba ^{a, b} Kruskal Wallis (2011 al 2016).

Año	Descripción	N	Rango promedio	Kruskal Wallis
2011	Stock de carbono	26	50,33	
2012		26	66,62	
2013		26	83,85	
2014		26	94,63	
2015		26	108,96	
2016		26	66,62	
2011-2016		156		,000

Anexo 19. Operacionalización de variables del Índice de calidad ambiental de stock de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.

VARIABLE	Definición	INDICADORES	MEDIDAS
INDEPENDIENTE: Diversidad arbórea	Es toda vegetación natural correspondiente a un área o territorio, que incluye principalmente: bosques, matorrales, sabanas, vegetación de agua dulce, terrenos con escasa vegetación y áreas agropecuarias en uso. Es el resultado de la asociación espacio – temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales. (Mostacedo, y Fredericksen, 2000).	Riqueza	Número de especies/ha
		Riqueza familiar	Número de especie en la familia/ #total de especies/ha
		Abundancia	Número de individuos /especie/ha
		Equitatividad	Distribución de individuos/especies/ha
DEPENDIENTE: Índice de Calidad ambiental de Stock de carbono	En un bosque tropical, el stock de carbono es todo aquello que se encuentra almacenado en los diferentes componentes y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el stock. Cuando cuantificamos el stock de un bosque, muestreamos: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo.	DAP	Diámetro de una especie/ha
		Densidad	Número de individuos /ha
		Volumen	Área basal*altura
		Área basal	Diámetro /ha
		Biomasa aérea	Volumen /Densidad
		Stock de carbono	TC/ha

Problema general de la investigación	Objetivos general de la investigación	Hipótesis general de la investigación	Variables independiente	Técnicas de recolección de datos
¿Cómo es el índice de calidad ambiental de stock de carbono en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal?	Determinar el índice de calidad ambiental de stock de carbono, en función de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.	El índice de calidad ambiental de stock de carbono que está en función de la diversidad arbórea considera a la especie arbórea que posee el mayor stock de carbono y a partir de ella se establece el número de individuos que necesitan las demás especies para igualar a esta especie en stock de carbono en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal.	Diversidad arbórea	Índices de diversidad arbórea (Shannon, Simpson y Pielou) Unidad ambiental , transectos, Cinta métrica , índices de diversidad arbórea
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:	Variables dependiente	
¿Cómo es la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)?	Identificar la diversidad arbórea de la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal, (2011-2016).	La diversidad arbórea tiene alta dominancia y baja diversidad en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016), en referencia a la escala del índice de Simpson (0,7-0,9).	DEPENDIENTE: Índice de Calidad ambiental de Stock de carbono	Unidad ambiental , transectos, Clinómetro.
¿Cuál es el valor de stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016)?	Calcular el stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal 2011-2016).	El stock de carbono de la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal (2011-2016) es alto, en referencia al carbono de sumideros superficial de los Bosques tropicales naturales que se encuentra entre 60-230 tC/ha.		
¿Cómo se relaciona el stock de carbono y la diversidad arbórea en la zona alta de la sub-cuenca del Carrizal?	Relacionar la stock de carbono y la diversidad arbórea en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal.	El promedio del stock de carbono y el promedio de la diferenciación morfológica de las especies arbóreas en la zona alta de la Sub-cuenca del Carrizal (2011-2016), tienen una correlación fuerte.		